



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

MARCIA ANDRADE PAOLIELLO

**EDIFICAÇÕES PRÉ-FABRICADAS EM MADEIRA DE
PLANTIOS FLORESTAIS: UMA DISCUSSÃO SOBRE
SUSTENTABILIDADE E DESEMPENHO COMO BASE PARA
RECOMENDAÇÕES DE PROJETO**

VITÓRIA
2005

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

MARCIA ANDRADE PAOLIELLO

**EDIFICAÇÕES PRÉ-FABRICADAS EM MADEIRA DE
PLANTIOS FLORESTAIS: UMA DISCUSSÃO SOBRE A
SUSTENTABILIDADE E DESEMPENHO COMO BASE PARA
RECOMENDAÇÕES DE PROJETO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

Orientador: Prof^a.Dr^s Maristela Gomes da Silva.

Co-orientador: Prof^a.Dr^s Eliana Zandonade.

VITÓRIA
2005

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)
(Biblioteca Central da Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

P211e Paoliello, Márcia Andrade, 1973-
Edificações pré-fabricadas em madeira de plantios florestais : uma discussão sobre sustentabilidade e desempenho como base para recomendações de projeto / Márcia Andrade Paoliello. – 2005.
210 f. : il.

Orientadora: Maristela Gomes da Silva.

Co-Orientadora: Eliana Zandonade.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Tecnológico.

1. Construção civil - Detalhes. 2. Casas de madeira. 3. Desempenho. 4. Projetos. I. Silva, Maristela Gomes da. II. Zandonade, Eliana. III. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro Tecnológico. IV. Título.

CDU: 624

Aos meus pais, Márcio e Norma.

AGRADECIMENTOS

Ao concluir este trabalho, penso como foi importante o auxílio de pessoas das quais nunca esquecerei.

Agradeço primeiramente a Deus que, com sua sabedoria, me iluminou nos momentos mais difíceis e me deu resistência para vencer mais um desafio. Fez-me questionar sobre as minhas próprias certezas e, dessa forma, aprender com meus próprios erros.

Agradeço também:

Ao meu marido, José Antônio, que sempre me incentivou incondicionalmente e muito colaborou para a realização desta pesquisa.

À minha orientadora, professora Maristela, por me incentivar a pesquisar, antes mesmo de entrar para o mestrado, por acreditar nesta pesquisa, ficando sempre ao meu lado, pacientemente, solucionando as principais dificuldades encontradas e pelo companheirismo e compreensão, que a tornaram não só a minha professora, mas, também, uma amiga.

Às amigas Dalila, Kátia e Tereza que estiveram ao meu lado durante os momentos de alegria e desespero e sempre se solidarizaram com meus problemas.

À Rosane que, mesmo com o pouco contato durante o mestrado, se dispôs a me ajudar com parte do levantamento bibliográfico.

Um agradecimento especial a Maurício que foi meu parceiro e confidente de todas as horas durante as minhas pesquisas.

A todos os professores do mestrado que contribuíram para minha evolução como pesquisadora.

À professora Eliana, pela clareza e disponibilidade com que sempre me atendeu.

Um agradecimento especial a Maristela Gava, que foi o meu contato e apoio na EESC/USP, tornando-se uma amiga inesquecível.

À professora Akemi Ino, pela disponibilidade e sugestões dadas à pesquisa.

Ao engenheiro Norman, pela disponibilidade e gentileza com que contribuiu para o desenvolvimento deste trabalho.

Ao engenheiro Renato de Jesus, por ter colaborado com a pesquisa e, em especial, à Marcela, sua secretária.

Aos funcionários do mestrado, especialmente Wilton, pela presteza com que tentou resolver meus problemas.

À minha família, pai, mãe, Mauro, Rinaldo e Marcelo que são responsáveis pelo o que sou. Se hoje venço mais um desafio, compartilho com eles minha vitória.

Muito obrigada

RESUMO

Atualmente, a indústria da construção civil passa por transformações em seu processo, graças a pressões governamentais e da população que vêm se preocupando com o uso indiscriminado de recursos naturais não renováveis. Nesse contexto, a indústria tem tentado incorporar novas alternativas de materiais e de processos construtivos no intuito de atender a essa crescente demanda, que resultou em uma consciência ecológica mundial. Dessa forma, o uso de madeira de plantios florestais para a construção civil tem sido explorado graças às novas técnicas de secagem e preservação desenvolvidas, aliadas ao fato de se tratar de um material proveniente de recurso renovável. No entanto, ainda não se observa uma grande produção de construções madeira de plantios florestais no Brasil, devido à existência de preconceito da população e à falta de conhecimento tecnológico dos profissionais em relação ao material. Além disso, o crescente uso de preservativos químicos utilizados com o objetivo de aumentar a durabilidade da madeira gera problemas à adequação ambiental do material, já que ocasiona danos ao meio ambiente. Portanto, o grande desafio está em garantir um bom desempenho da madeira na construção utilizando o projeto como principal ferramenta. Para isso, deve-se estar muito atento à sua correta aplicação, bem como ao desenvolvimento de detalhes construtivos que visem a aumentar sua durabilidade, atribuída, atualmente, ao uso exclusivo de tratamentos preservativos. Com base em dados obtidos em revisão de literatura e em *Avaliação Pós-Ocupação* de edificações situadas no Estado do Espírito Santo, este trabalho propõe recomendações de projeto e planejamento que devam ser implantadas em cada etapa da cadeia produtiva de madeira serrada, visando ao desempenho e à sustentabilidade de edificações pré-fabricadas em madeira de plantios florestais.

Palavras-chave: Edificação Sustentável. Madeira de plantios florestais. Desempenho. Projeto.

ABSTRACT

Nowadays, the building construction industry has been changing in its process due to government and society's pressures, which have been concerned with the abusive use of non-renewable natural resources. In this context, the industry has been trying to assimilate new alternatives of materials and construction process with the goal of attending this increasing demand that results in a worldwide ecologic conscience. This way, the use of reforestation wood for building construction has been exploited due to new techniques of developed treatment and preservation in addition to the fact of this material has being proceed of renewable resources. However, there's not a great production of reforestation wood in Brazil due to the society's prejudice and to the lack of technical knowledge of the professionals about the use of this material. Furthermore, the use of chemicals products in techniques of preservation to increase its durability results in damages to the environment. Although, the challenge is to guarantee better performance of wood construction using the data's project. For that, it's necessary that the professional must be concerned to its correct application, as well as development construction details with the goal to increase its durability, provided currently, to the use of preservative treatment. Based in gotten results from bibliography revision and *Post-Occupancy Evaluation* of timber constructions in Espirito Santo, the present work considers the planning and design recommendations in each part of sawed wood productive chain with the goal to sustainability of pay-manufactured buildings which use reforestation wood.

Key-words: Sustainable construction. Reforestation wood. Performance. Design.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1	Residência projetada por Géron Castelo Branco.....	31
Figura 1.2	Pousada Pedra Azul, projetada por Zanine Caldas – Domingos Martins.....	31
Figura 1.3	Arquitetura predominante no período de colonização.....	33
Figura 1.4	Detalhe do sistema de vedação externa do protótipo ¼ de log.....	34
Figura 2.1	Ciclo de produção fechado.....	41
Figura 2.2	Influência da manutenção estratégica e esporádica no desempenho da vida útil das edificações.....	63
Figura 3.1	Sistema construtivo empilhado (madeira roliça e madeira serrada).....	73
Figura 3.2	Variação das formas de log mais utilizadas na construção.....	73
Figura 3.3	Fluxograma geral do processamento de madeira roliça, serrada e outros derivados	74
Figura 3.4	Corte esquemático de uma tora e suas partes.....	78
Figura 3.5	Defeitos decorrentes da secagem inadequada.....	80
Figura 3.6	Indicação de pontos críticos para a deterioração.....	83
Figura 3.7	Fluxograma com as principais decisões para a escolha adequada da madeira em edificações.....	86
Figura 4.1	Fluxograma do desenvolvimento da pesquisa.....	94
Figura 4.2	APO – Ciclo de realimentação do processo de produção e uso.....	99
Figura 4.3	Esquema de desenvolvimento da metodologia da pesquisa.....	103
Figura 5.1	Vista geral da casa em Piaçu e detalhe do encaixe das toras.....	110
Figura 5.2	Detalhamento dos peitoris das janelas da casa em Piaçu.....	112
Figura 5.3	Adaptação de calha para coleta de água pluvial da casa em Piaçu.....	113
Figura 5.4	Vistas e detalhes das emendas em peças de eucalipto da casa em Piaçu.....	113
Figura 5.5	Planta baixa, cortes e implantação dos chalés.....	117
Figura 5.6	Vista geral do chalé Peterly`s e detalhe do encaixe das toras.....	117
Figura 5.7	Vista e detalhe da fachada oeste do chalé Peterly`s.....	119

Figura 5.8	Detalhe da execução do piso e recomendação para futura execução.....	120
Figura 5.9	Planta baixa, corte e fachada da creche Pedra Azul.....	122
Figura 5.10	Vista frontal da creche Pedra Azul e detalhe do encaixe das toras.....	123
Figura 5.11	Detalhe da fachada que mostra o aspecto causado pela falta do hidrofugante....	125
Figura 5.12	Banheiro da sala de aula da creche adaptado para crianças.....	126
Figura 5.13	Vista geral do bangalô da reserva de Linhares e detalhe do encaixe das toras....	128
Figura 5.14	Planta baixa do bangalô-padrão.....	129
Figura 5.15	Alteração da superfície externa do mobiliário do apartamento, característica da presença de umidade.....	131
Figura 5.16	Substituição da vedação interna dos apartamentos.....	132
Figura 6.1	Detalhe de isolamento térmico em parede de madeira.....	142
Figura 6.2	Detalhe de forro suspenso.....	143
Figura 6.3	Detalhe do pilar com dispositivo metálico de interface com a fundação em concreto.....	146

LISTA DE QUADROS

Quadro 1.1	Consumo energético de produção de alguns materiais de construção.....	21
Quadro 1.2	Principais obstáculos e algumas soluções para a introdução de madeira de reflorestamento como material de construção.....	25
Quadro 1.3	Medidas a serem consideradas para a garantia de um uso ambientalmente responsável da madeira de reflorestamento na construção civil.....	27
Quadro 1.4	Classificação dos sistemas construtivos em madeira nacionais.....	31
Quadro 2.1	Requisitos de desempenho das edificações.....	37
Quadro 2.2	Indicadores para a avaliação ecológica, social, econômica e tecnológica para empreendimentos em uma perspectiva de desenvolvimento sustentável.....	42
Quadro 2.3	Considerações relevantes e aspectos ambientais a serem observados na atividade de projeto e construção.....	43
Quadro 2.4	Principais sistemas existentes de avaliação ambiental de edifícios.....	45
Quadro 2.5	Algumas experiências brasileiras no estudo de avaliação de sustentabilidade das edificações.....	47
Quadro 2.6	<i>Novas exigências dos usuários.....</i>	50
Quadro 2.7	Vida útil de projeto para os diferentes elementos e componentes da construção habitacional.....	60
Quadro 3.1	Classificação dos sistemas construtivos em madeira nos Estados Unidos, Países Andinos, Japão, Alemanha e França.....	71
Quadro 3.2	Classificação dos sistemas construtivos em madeira.....	72
Quadro 3.3	Agentes de deterioração da madeira.....	84
Quadro 3.4	Classes de risco – Grupos de organismos xilófagos que podem atacar a madeira, conforme o local e as condições em que ela é empregada.....	85
Quadro 3.5	Tipos de tratamentos e preservativos em função da classe de risco na qual se encontra a madeira.....	87
Quadro 4.1	Descrição das visitas técnicas.....	95
Quadro 4.2	Critérios utilizados na seleção da amostra a ser pesquisada.....	97
Quadro 4.3	Identificação das fontes de informação em cada estudo de caso.....	100
Quadro 4.4	Tipos de pesquisas utilizadas na APO.....	100
Quadro 4.5	Principais agentes intervenientes no processo de projeto/produção.....	102
Quadro 4.6	Tipos de entrevistas realizadas em cada edifício.....	104
Quadro 5.1	Levantamento técnico – principais problemas observados na casa em Piaçu...	112
Quadro 5.2	Resultado das respostas dos usuários na pesquisa.....	115
Quadro 5.3	Levantamento técnico – principais problemas observados nos chalés Peterly´s.....	118
Quadro 5.4	Resultado das respostas dos usuários na pesquisa.....	121
Quadro 5.5	Levantamento técnico – principais problemas observados na creche Jutta Batista (Pedra Azul).....	124

Quadro 5.6	Resultado das respostas dos usuários na pesquisa.....	127
Quadro 5.7	Principais diferenças entre os subsistemas das unidades de hospedagem avaliadas.....	128
Quadro 5.8	Principais problemas observados em projeto e detectados durante o levantamento técnico.....	130
Quadro 5.9	Resultado das respostas dos usuários na unidade <i>Caesalpinia</i>	133
Quadro 5.10	Resultado das respostas dos usuários na unidade <i>Fabacea</i>	133
Quadro 5.11	Resultado das respostas dos usuários na unidade <i>Mimosácea</i>	133
Quadro 5.12	Análise comparativa das avaliações dos estudos de caso desenvolvidos na pesquisa.....	135
Quadro 6.1	Estrutura da apresentação das recomendações de projeto para edificações pré-fabricadas em eucalipto.....	136

LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ASTM	<i>American Society for Testing Materials</i>
AWPA	<i>American Wood-Preservers Association</i>
BANDES	Banco do Desenvolvimento do Estado do Espírito Santo
BME	<i>Lista Bown Milieu Evaluatie</i>
BREEAM	<i>Building Research Establishment Environmental Assessment Method, Reino Unido</i>
CAA	Arseniato de cobre amoniacal
CCA	Arseniato de cobre cromatado
CCB	Borato de cobre cromatado
CIB	<i>International Council for Research and Innovation in Building and Construction</i>
CVRD	Companhia Vale do Rio Doce
EESC	Escola de Engenharia de São Carlos
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EPA	<i>Environmental Protection Agency</i>
FUNPAR	Fundação da Universidade do Paraná
FUNTAC	Fundação Tecnológica do Estado do Acre
G - Habis	Grupo de Pesquisa em Habitação e Sustentabilidade – Universidade de São Paulo/ Universidade Federal de São Carlos
GBC	<i>Green Building Challenge</i>
LEED	<i>Leadership in Energy and Environmental Design, Estados Unidos</i>
INPA	Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
LAMEM	Laboratório de Madeiras e Estruturas de Madeira
NIBE	Instituto Holandês de Construções e Moradias Ecológicas
RILEM	<i>Reunión Internationale de Laboratoires d`Éssais et de Recherches sur les Matériaux et Constructions</i>

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1º – INTRODUÇÃO	19
1.1 JUSTIFICATIVA DA ESCOLHA DO TEMA.....	19
1.2 OBJETIVOS	27
1.2.1 Objetivo geral	27
1.2.2 Objetivos específicos	27
1.3 METODOLOGIA	28
1.4 EXPERIÊNCIA NACIONAL EM CONSTRUÇÃO EM MADEIRA	30
1.5 EXPERIÊNCIA DO ESPÍRITO SANTO	32
1.6 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	34
CAPÍTULO 2º – REQUISITOS DE DESEMPENHO PARA PROJETOS DE EDIFICAÇÕES SUSTENTÁVEIS EM MADEIRA DE PLANTIOS FLORESTAIS	36
2.1 INTRODUÇÃO	36
2.2 O IMPACTO AMBIENTAL DAS CONSTRUÇÕES E A SUSTENTABILIDADE DA CONSTRUÇÃO	39
2.3 A AVALIAÇÃO DE SUSTENTABILIDADE DAS CONSTRUÇÕES.....	42
2.4 O PAPEL DO PROJETO NO DESEMPENHO DAS EDIFICAÇÕES EM MADEIRA	47
2.5 REQUISITOS DE DESEMPENHO E SUSTENTABILIDADE PARA EDIFICAÇÕES SUSTENTÁVEIS	49
2.5.1 Estanqueidade	51
2.5.2 Conforto higrotérmico	52
2.5.3 Conforto acústico	54
2.5.4 Conforto lumínico	55
2.5.5 Saúde, higiene e qualidade do ar	56
2.5.6 Funcionalidade e acessibilidade	57
2.5.7 Conforto tátil e antropodinâmico	58
2.5.8 Durabilidade	59
2.5.9 Adequação ambiental	63
2.5.10 Aspectos econômicos de manutenção	66
2.6 CONSIDERAÇÃO SOBRE O CAPÍTULO	67
CAPÍTULO 3º – A SUSTENTABILIDADE NA CADEIA PRODUTIVA EM MADEIRA DE PLANTIOS FLORESTAIS	69
3.1 INTRODUÇÃO	69

3.2	SISTEMAS CONSTRUTIVOS EM MADEIRA	70
3.2.1	As construções em madeira maciça sobrepostas	72
3.3	ANÁLISE DA CADEIA PRODUTIVA DE EUCALIPTO PARA CONSTRUÇÃO CIVIL	74
3.3.1	Plantio florestal do eucalipto	75
3.3.2	Colheita e transporte	76
3.3.3	Desdobro	78
3.3.4	Secagem	79
3.3.5	Projeto, tratamento, pré-fabricação e montagem	81
3.3.5.1	Projeto	81
3.3.5.2	Tratamento preservativo	86
3.3.5.3	Pré-fabricação e montagem	89
3.3.6	Uso/manutenção	90
3.3.7	Desmontagem/reciclagem/reutilização	90
3.4	CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO.....	91
 CAPÍTULO 4º – ESTUDO DE CASO: METODOLOGIA.....		92
4.1	INTRODUÇÃO	92
4.2	ASPECTOS METODOLÓGICOS DA PESQUISA	93
4.3	PLANEJAMENTO DOS ESTUDOS DE CASO	94
4.3.1	Pesquisa bibliográfica	95
4.3.2	Visitas técnicas e diagnóstico preliminar	95
4.3.3	Avaliação qualitativa de desempenho	96
4.3.4	CrITÉrios para seleção da amostra a ser pesquisada	96
4.3.5	Técnicas utilizadas para coletas de dados	97
4.3.5.1	Entrevistas	98
4.3.5.2	Avaliação Pós-Ocupação (APO)	98
4.3.5.3	Fichas Técnicas	101
4.3.6	Empresas e profissionais participantes dos estudos de caso	101
4.3.7	Tratamento dos dados e informações obtidas	102
4.3.8	Análise de resultados e proposição de recomendações de projeto	103
4.4	REALIZAÇÃO DOS ESTUDOS DE CASO	103
4.4.1	Obtenção de informações sobre o processo de projeto/execução e operação	104
4.4.2	Avaliação Pós-Ocupação dos estudos de caso	106
4.4.2.1	Levantamento de arquivo	106
4.4.2.2	Levantamento técnico	106

4.4.2.3	Pesquisa com os usuários	107
4.4.3	Tratamento dos dados e informações	108
4.5	ELABORAÇÃO DAS RECOMENDAÇÕES DE PROJETO PARA EDIFICAÇÕES PRÉ-FABRICADAS EM EUCALIPTO.....	108
4.6	CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO	108
CAPÍTULO 5° – DESCRIÇÃO DOS ESTUDOS DE CASO: APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS		109
5.1	INTRODUÇÃO	109
5.2	DESCRIÇÃO DOS ESTUDOS DE CASO	109
5.2.1	Estudo de caso 01 – casa em Piaçu	110
5.2.1.1	O processo de projeto	111
5.2.1.2	Levantamento técnico	111
5.2.1.3	Pesquisa com os usuários	115
5.2.2	Estudo de caso 02 – chalés Peterly´s.....	116
5.2.2.1	O processo de projeto	117
5.2.2.2	Levantamento técnico	117
5.2.2.3	Pesquisa com os usuários	121
5.2.3	Estudo de caso 03 – creche em pedra azul	121
5.2.3.1	O processo de projeto	122
5.2.3.2	Levantamento técnico	122
5.2.3.3	Pesquisa com os usuários	126
5.2.4	Estudo caso 04 – alojamentos na reserva de Linhares	127
5.2.4.1	O processo de projeto	128
5.2.4.2	Levantamento técnico	129
5.2.4.3	Pesquisa com os usuários	132
5.3	PRINCIPAIS CONCLUSÕES OBTIDAS	134
CAPÍTULO 6° – PROPOSIÇÃO DE RECOMENDAÇÕES DE PROJETO PARA EDIFICAÇÕES EM MADEIRA DE PLANTIOS FLORESTAIS.....		136
6.1	INTRODUÇÃO	136
6.1.1	Projeto do produto	137
6.1.1.1	Obtenção da madeira na floresta	137
6.1.1.2	Desdobro e secagem	138
6.1.1.3	Tratamento preservativo	139
6.1.1.4	Atendimento aos requisitos de desempenho das edificações	140
6.1.1.5	Pré-fabricação e montagem	147
6.1.2	Implantação e execução da edificação	148

6.1.2.1	Análise das condições de exposição do edifício	148
6.1.2.2	Análise do contexto de inserção do edifício	149
6.1.3	Uso/desmontagem	149
6.1.3.1	Uso/manutenção	149
6.1.3.2	Desmontagem/ reciclagem/ reutilização	150
6.2	CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO	150
CAPÍTULO 7º – CONCLUSÕES.....		152
8 REFERÊNCIAS.....		157
APÊNDICES.....		171
APÊNDICE A:	QUESTIONÁRIO ENVIADO AOS USUÁRIO.....	171
APÊNDICE B:	ROTEIRO 01 – INFORMAÇÕES SOBRE O PROCESSO DE PROJETO.....	171
APÊNDICE C:	ROTEIRO 02 – INFORMAÇÕES SOBRE O PROCESSO DE FORNECIMENTO DA MADEIRA.....	173
APÊNDICE D:	ROTEIRO 03 – INFORMAÇÕES SOBRE O PROCESSO DE CONSTRUÇÃO.....	174
APÊNDICE E:	ROTEIRO 04 – INFORMAÇÕES SOBRE O PROCESSO DE USO/MANUTENÇÃO DA EDIFICAÇÃO.....	175
APÊNDICE F:	FICHA DE AVALIAÇÃO DA CASA EM PIAÇU.....	176
APÊNDICE G:	FICHA DE AVALIAÇÃO DOS SUBSISTEMAS DOS SUBSISTEMAS CONSTRUTIVOS DA CONSTRUÇÃO – obra: casa em Piaçu.....	180
APÊNDICE H:	FICHA TÉCNICA DOS SUBSISTEMAS CONSTRUTIVOS DA CONSTRUÇÃO – obra: casa em Piaçu.....	182
APÊNDICE I:	FICHA DE AVALIAÇÃO DOS CHALÉS PETERLY´S.....	183
APÊNDICE J:	FICHA DE AVALIAÇÃO DOS SUBSISTEMAS CONSTRUTIVOS DA CONSTRUÇÃO – obra: chalés Peterly´s	187
APÊNDICE K:	FICHA TÉCNICA DOS SUBSISTEMAS CONSTRUTIVOS DA CONSTRUÇÃO – obra: chalés Peterly´s.....	189
APÊNDICE L:	FICHA DE AVALIAÇÃO DA CRECHE PEDRA AZUL	190
APÊNDICE M:	FICHA DE AVALIAÇÃO DOS SUBSISTEMAS CONSTRUTIVOS DA CONSTRUÇÃO – obra: creche Pedra Azul	194
APÊNDICE N:	FICHA TÉCNICA DOS SUBSISTEMAS CONSTRUTIVOS DA CONSTRUÇÃO – obra: creche Pedra Azul.....	196

APÊNDICE O:	FICHA DE AVALIAÇÃO DE <i>CAESALPINIACAE</i> E <i>FABACAE</i> (alojamentos)	197
APÊNDICE P:	FICHA DE AVALIAÇÃO DOS SUBSISTEMAS CONSTRUTIVOS DA CONSTRUÇÃO – obra: <i>Caesalpiniaecae e Fabacae</i>	201
APÊNDICE Q:	FICHA TÉCNICA DOS SUBSISTEMAS CONSTRUTIVOS DA CONSTRUÇÃO – obra: <i>Caesalpiniaecae e Fabacae</i>.....	203
APÊNDICE R:	FICHA DE AVALIAÇÃO DE <i>MIMOSACAE</i> (alojamentos).....	204
APÊNDICE S:	FICHA DE AVALIAÇÃO DOS SUBSISTEMAS CONSTRUTIVOS DA CONSTRUÇÃO – obra: <i>Mimosacae</i>.....	208
APÊNDICE T:	FICHA TÉCNICA DOS SUBSISTEMAS CONSTRUTIVOS DA CONSTRUÇÃO – obra: <i>Mimosacae</i>.....	210

1.1 JUSTIFICATIVA DA ESCOLHA DO TEMA

A utilização da madeira na construção civil tem como base, para sua competitividade, o fato de a grande maioria dos materiais de construção serem provenientes de recursos não renováveis. Essa competitividade ganha reforço com a introdução do uso de madeiras de reflorestamento.

A facilidade de corte e beneficiamento, tanto manual como mecanicamente, a trabalhabilidade e a adequada resistência em relação ao seu peso próprio, além da disponibilidade do material no Brasil, são fatores adicionais para a viabilização do uso da madeira em construções habitacionais (NOLAN, 2002). Outro fator que contribui para o uso de madeira de reflorestamento na construção civil é a existência de pesquisas e avançadas técnicas silviculturais de reflorestamento, que permitem alterar a qualidade da matéria-prima de acordo com o uso desejado.

No entanto, além da preocupação com a qualidade do material a ser introduzido no mercado, a indústria da construção civil procura alternativas que incorporem mudanças no seu processo construtivo, principalmente no que diz respeito ao desenvolvimento sustentável.¹ Atualmente, a questão ambiental tornou-se um elemento de peso na avaliação de desempenho de vários tipos de indústrias e empresas, fazendo com o que antes era uma opção, hoje, seja uma obrigação.

Não obstante essas mudanças, arquitetos e engenheiros começaram a considerar, durante a escolha dos materiais de construção ou de sistemas construtivos, que a produção desses materiais e sistemas, além de causar influência no desenvolvimento da economia, produz também um impacto ambiental que pode se dar de diversas formas: no consumo de recursos não renováveis, na poluição gerada em sua produção, na energia consumida, no serviço e na disposição de materiais (ARRUDA, 2000; YUBA et al., 2002).

Essa tendência é resultado de um agravamento das condições ambientais do planeta e da redução gradativa dos recursos não renováveis. Com esse fundamento, criou-se uma consciência ecológica mundial quanto à aceitação de produtos provenientes de recursos renováveis (OLIVEIRA, 1997).

¹ Consiste em um processo contínuo de desenvolvimento econômico e equilíbrio dinâmico entre a procura das pessoas por equidade, prosperidade e qualidade de vida (CIB, 2000; JOHN, 2000; CIB&UNEP-IETC, 2002).

É importante salientar que o consumo de materiais naturais cresce na mesma medida do crescimento da economia e da população e que a produção de determinado material exige uma extração muito maior de matérias-primas naturais, dadas as perdas e resíduos dos processos (JOHN, 2000). Dessa forma, é necessária a busca por materiais renováveis que garantam, simultaneamente, o crescimento econômico com a preservação da natureza.

Nesse contexto, em virtude de suas características e por se tratar de um material proveniente de recurso renovável, atendendo às perspectivas de desenvolvimento sustentável, a madeira tem conseguido se manter competitiva em países industrializados. Produtos como o aço, alumínio e o plástico, no entanto, têm tentado ocupar seu espaço, apesar de que, do ponto de vista ambiental, sejam menos eficazes (SHIMBO, 1997; BARBOSA, 2000; CASTRO SILVA, 2002).

Portanto, a indústria da construção civil nacional, para ganhar competitividade no mercado externo, além de alta qualidade e produtividade, deve atentar a questões relacionadas com o desenvolvimento sustentável (ZENID, 2000).

O Governo brasileiro, atento a esse crescente interesse por materiais provenientes de recursos renováveis, lançou, em fevereiro de 2002, o projeto *Genolyptus*. Esse projeto funcionará a partir de uma complexa rede de experimentos florestais e explorará a produção de eucaliptos, na qual o Brasil já é líder mundial. Visando ao potencial de comercialização desse vegetal, o projeto tem como objetivo a produtividade e a criação de eucaliptos mais resistentes e adequados aos diferentes usos, montando a Rede Brasileira de Pesquisa do Genoma do Eucalipto, que proporcionará a cientistas, laboratórios e empresas o estudo e a identificação dos genes de espécie da árvore. Dessa forma, pode-se escolher para o plantio de eucalipto espécies mais produtivas por hectare, além de poder produzir madeira de excepcional qualidade (JORNAL DO COMÉRCIO, 2002b).

Contudo, é em países em desenvolvimento, como o Brasil, que o impacto ambiental da indústria da construção civil é mais sentido. Isso é devido ao fato de esses países estarem ainda sob construção e terem um baixo grau de industrialização, fazendo com que a indústria da construção seja um dos maiores fatores de impacto no ambiente biofísico (CIB, 2000; CIB & UNEP-IETC, 2002). Outro fato que colabora para essa situação é que, em países em desenvolvimento, a recente expansão da economia de mercado vem impactando o ecossistema e, muitas vezes, comprometendo o sustento da maioria das pessoas que o retiram diretamente da natureza para suprir suas necessidades básicas (NGOWI, 2001).

No Brasil, apesar de se encaixar no bloco dos países em desenvolvimento e, portanto, com sérios problemas de impacto ambiental decorrentes da atividade da indústria da construção civil, pouco se avançou na direção para a mudança desse cenário. Na realidade, os governantes brasileiros conseguem tornar a legislação ambiental permissiva e essa atitude tem sido facilitada por falta de oposição organizada da sociedade, fazendo com que boa parte esteja conformada com a degradação ambiental resultante das atividades industriais (FURTADO, 2001).

Apesar dos problemas que o Brasil enfrenta para a introdução de uma política ambiental nos setores industriais, principalmente na construção civil, alguns pesquisadores brasileiros buscam soluções para minimizar o impacto ambiental causado. O principal desafio para o combate à poluição e para o não consumo de energia renovável é buscar soluções adequadas aos ambientes sociais, econômicos, culturais e naturais, adaptando a mão-de-obra local e fazendo bom uso dos recursos da região, para que o desenvolvimento econômico seja viável (YUBA et al., 2002). Um dos caminhos vislumbrados por esses pesquisadores seria o incentivo ao uso de madeira de reflorestamento, pois é um material capaz de responder às exigências de desenvolvimento sustentável (ARRUDA, 2000b; BARBOZA, 2000; YUBA et al., 2002).

A madeira, além de ser proveniente de recurso renovável, desempenha importante papel no estoque de carbono, apresenta menor consumo energético em seu processamento, conforme apresentado no Quadro 1.1, contribuindo, dessa forma, para a redução de emissão de gases que causam o efeito estufa (CO₂) (BARBOZA, 2000; YUBA, 2002).

Material	kWh/kg	kWh/m ³	Consumo (kg. Carvão)*
Madeira serrada	0.7	350	0.8
Madeira laminada-colada	2.4	1200	-
Cimento	1.4	1750	260
Concreto	0.3	700	25
Tijolo	0.8	1360	140
Aço	5.9	46000	1000
Plástico PVC	18.0	24700	1800
Alumínio	52.0	141500	4200

* Com base em quilograma equivalente de carvão (3000 quilocalorias com todos os rendimentos incluídos).

Quadro 1. 1: Consumo energético de produção de alguns materiais de construção

Fonte: Oliveira, 1997; Arruda, 2000.

Outro aspecto relevante da utilização da madeira na construção civil é a possibilidade de sua reutilização na produção de energia ou de reciclagem do material na produção de derivados, resultando numa menor quantidade de resíduos sólidos produzidos pelas indústrias (ARRUDA, 2000; BARBOZA, 2000). No contexto brasileiro, existem outras vantagens,

como clima favorável e amplas áreas de solo adequadas ao cultivo de várias espécies de madeira (YUBA, 2002).

No entanto, mesmo com esse crescente potencial construtivo, o maior obstáculo para a utilização de madeira em construções no Brasil é a falta de tecnologia apropriada e devidamente avaliada. A grande maioria das experiências desenvolvidas acabou apresentando precocemente problemas patológicos, comprometendo aspectos de segurança, habitabilidade e durabilidade da construção.

Essa falta de avaliação de desempenho das construções em madeira acaba por dificultar a sua utilização em construção civil. O próprio Governo exige, em licitações de obras públicas, a prévia avaliação de desempenho dos produtos e sua homologação, em frente a sua corresponsabilidade perante a qualidade da construção (MITIDIARI, 1998). Outro indutor de qualidade é a Caixa Econômica Federal que fornece financiamento para habitação, mas exige laudos técnicos de instituições ou universidades com reconhecida competência e capacidade laboratorial. Esses laudos técnicos visam a esclarecer as condições de uso consideradas e suas exigências de manutenção e durabilidade. A falta de avaliação de desempenho de sistemas construtivos em madeira no Brasil acaba por dificultar sua utilização, sendo pouco explorada no mercado nacional da construção civil.

A novidade, entretanto, está na utilização de uma tecnologia apropriada à utilização em escala de madeira de reflorestamento, floresta de crescimento rápido, em oposição ao uso de madeiras nativas, de crescimento lento, na construção civil. Dessa forma, produz-se uma matéria-prima renovável, bastando cultivar a madeira de reflorestamento em circuito fechado.

Assim, a madeira, especialmente de reflorestamento, surge como opção viável, pois sua exploração, feita de maneira racional, e o reaproveitamento de rejeito de sua produção, especialmente a serragem, podem permitir a fabricação de outros materiais (OLIVEIRA, 1997).

No entanto, mesmo com pontos favoráveis de comercialização, o setor madeireiro ligado à construção é mais atrasado tecnologicamente do que o setor do papel e celulose, pois a construção em madeira é ainda tida no Brasil como construção temporária e sinal de pobreza, favorecendo um pequeno desenvolvimento do setor de fabricação de madeira serrada (YUBA et al., 2002).

Entretanto, mesmo se tratando de madeira de reflorestamento, que é um recurso renovável, deve-se estar atento ao consumo de energia durante o ciclo de vida da construção (FOREST &

WOOD PRODUCTS, 2003). Outro aspecto a ser observado é a durabilidade das construções em madeira, principalmente em madeiras de reflorestamento como o eucalipto, prevendo medidas de projeto que facilitem sua manutenção e tratamentos preservativos menos tóxicos ao meio ambiente. A durabilidade de espécies como eucalipto, utilizadas em construções, ainda é questionada e a falta de conhecimento técnico a respeito de seu correto emprego na construção pelos profissionais limita sua utilização. Isso ocorre devido à constituição muito especial do eucalipto, que até hoje é visto como imprestável para certos usos mais nobres. Portanto, para isso, o projeto deve considerar, além de uma análise da cadeia produtiva, a durabilidade da construção, prevendo formas de manutenção e reposição de peças ao longo de seu uso.

Porém, não se devem considerar somente as questões ambientais na elaboração de *requisitos*² de sustentabilidade. Cada vez mais se torna necessário englobar questões de outras dimensões, como as sociais, econômicas, políticas e culturais, para viabilizar o uso de determinado material de construção em certa região.

No contexto brasileiro, as largas áreas de plantio de eucalipto, podem favorecer a produção dessa madeira para construção civil, contribuindo na absorção de CO₂ da atmosfera, na geração de empregos e de renda (YUBA, 2003).

Outra questão a ser discutida é o desenvolvimento de projetos das edificações em madeira, que nem sempre são devidamente elaborados, para a correta execução da obra e, conseqüentemente, para a garantia da durabilidade da edificação. Sabe-se, porém, que esse quadro pode ser modificado com ações voltadas para o controle de qualidade durante a fase de projeto, com a introdução de novos conceitos como *requisitos, critérios, construtibilidade e desempenho*. É durante a fase de projeto que se pode garantir o desempenho da construção, pela inserção de *requisitos e critérios* de desempenho definidos e adequados aos objetivos do empreendimento.

Os detalhes construtivos para edificações em madeira de reflorestamento devem ser elaborados de forma que o desempenho da construção seja otimizado, quando a edificação é exposta a situações críticas, como vibrações e barulhos, fogo, incidência solar e a outros agentes de deterioração. Os detalhes construtivos devem não somente estar presentes, como participar da definição dos projetos arquitetônicos, servindo para questionar todos os pontos

² Enquanto os *requisitos de desempenho*, em geral, expressam qualitativamente as características do empreendimento, os *critérios de desempenho* as expressam de modo quantitativo (ABNT, 2002).

críticos. Dessa forma, garante-se a vida útil de projeto de uma edificação, que é um dos requisitos necessários em direção à sustentabilidade.

Outros obstáculos também devem ser contornados para a efetiva introdução de madeira de reflorestamento na construção civil. No Quadro 1.2, estão estabelecidas as principais dificuldades para a viabilização do uso de madeira de reflorestamento na construção civil, assim como algumas soluções que podem ser adotadas para a melhoria desse quadro. É dentro desse contexto que surge a importância de desenvolvimento de projetos em madeira de reflorestamento que levem em conta as condições de durabilidade.

Apesar dos obstáculos tecnológicos encontrados na introdução da madeira de reflorestamento na construção civil, decorrentes da falta de investimento no setor, pode-se afirmar que a maior dificuldade, quanto ao emprego da madeira na construção, está no preconceito existente em relação ao material. Além de muitas pessoas ainda associarem a casa de madeira à moradia provisória, sem muita durabilidade, a ausência de tradição construtiva colabora para a baixa utilização da madeira em construção civil. A própria colonização brasileira, com predominância de povos mediterrâneos, orientou as construções brasileiras para técnicas utilizando outros materiais, como o adobe, a pedra e o tijolo (CRUZEIRO, 1998).

Sendo assim, o brasileiro acabou por desconhecer a tecnologia da construção em madeira e o pouco que aprendeu não foi suficiente para a constante produção de edificações de qualidade. A falta de apuro técnico, causada pelo desconhecimento das peculiaridades relacionadas com as construções em madeira, gera um círculo vicioso. Constroem-se pouco e mal com madeira e não são feitas avaliações de desempenho das construções existentes, realimentando esse ciclo.

Os sistemas construtivos, principalmente pré-fabricados em madeira, requerem mais exatidão e maior rigor construtivo dos que em alvenaria. Todo cuidado é necessário ao se projetar e executar uma construção em madeira, pois cada erro cometido é ressaltado na integração do conjunto, influenciando negativamente principalmente os aspectos de conforto ambiental e de durabilidade da construção. Dentre os erros de projeto mais comuns, estão os problemas nas ligações entre as estruturas de madeira e, quanto à execução, os problemas vão desde a inadequada utilização do material até o desconhecimento de leitura de projeto ou mesmo o seu não acompanhamento (BITTENCOURT, 1995; CHAHUD et al., 2002). Dessa forma, desenvolve-se uma imagem negativa do produto perante a população. Enquanto a culpa por qualquer colapso estrutural de uma construção é relacionada com o projetista ou com

engenheiro, falhas associadas à durabilidade são justificadas pelas características da madeira (LEICESTER, 2002).

Obstáculos	Soluções
Baixo conhecimento das potencialidades da madeira pelos empresários e dirigentes públicos	<ul style="list-style-type: none"> Os cursos de Engenharia Mecânica e de Produção deveriam pesquisar mais o processamento e beneficiamento da madeira, formando profissionais que investissem seu conhecimento no parque produtivo madeireiro que, atualmente, marcha na direção da tecnologia importada (a partir de BITTENCOURT, 1995) O Governo deveria incentivar o ensino profissionalizante, seja técnico, seja superior, já que a madeira é, algumas vezes, discriminada nos programas curriculares, sendo somente mencionadas em disciplinas optativas (BITTENCOURT, 1995) O Governo deveria incentivar pesquisas em laboratórios de anatomia e qualidade da madeira com profissionais das áreas de Engenharia e Arquitetura, visando ao uso da madeira de reflorestamento em substituição as madeira nativas (CRUZEIRO, 1998) As empresas que utilizam a madeira ou seus produtos derivados da floresta como matéria-prima deveriam ser obrigadas a ter reflorestamentos próprios e investirem em pesquisas (fato que já ocorre em algumas empresas) (CRUZEIRO, 1998)
Elevação dos preços da madeira e baixa competitividade do setor madeireiro	<ul style="list-style-type: none"> O incentivo governamental e privado ao plantio para aumentar a concorrência é importante, principalmente, para a difusão da utilização da madeira na construção civil no incremento da atividade comercial madeireira
Baixa produção de madeira de qualidade oriunda de florestas plantadas e manejadas para uso de indústrias de móveis e construção civil	<ul style="list-style-type: none"> As indústrias do setor florestal apresentam diferentes níveis de investimento em tecnologia, se comparadas entre si. O setor madeireiro ligado à construção é mais atrasado tecnologicamente que o setor do papel e celulose (YUBA et al., 2002). Com a difusão da utilização da madeira na construção civil no Brasil, o investimento em tecnologia voltado à construção deve aumentar
A atividade florestal é vista como de baixa rentabilidade e sempre preterida em favor de alternativas, principalmente agrícola e pecuária	<ul style="list-style-type: none"> As pesquisas vislumbram novos nichos para a utilização de madeira serrada na construção civil como mercado que pode ser extremamente promissor, por exemplo, na execução de casas de praia, pousadas, hotéis, além da construção de casas populares (OLIVEIRA, 1997) A divulgação deveria ocorrer para os agricultores, por meio de associações ou entidades governamentais, o benefício do plantio de floresta homogênea consorciado com alguma lavoura ou plantio de espécies nativas. Ao mesmo tempo ou em épocas diferentes, poderiam ser aproveitadas entre as linhas de reflorestamento, lavouras de ciclo curto e, dependendo do espaçamento usado, poder-se-ia consorciar a lavoura mais de uma vez (CRUZEIRO, 1998)
Baixa aceitação pelos usuários que ainda preferem a alvenaria convencional como vedação	<ul style="list-style-type: none"> A introdução de métodos de avaliação de desempenho de sistemas construtivos em madeira e incentivo governamental como abertura de linhas de crédito para construção é de suma importância para garantir a qualidade e favorecer a aceitação dos sistemas construtivos em madeira

QUADRO 1. 2: Principais obstáculos e algumas soluções para a introdução da madeira de reflorestamento como material de construção

Fonte: a partir de Bittencourt (1995); Oliveira (1997); Shimbo (1997); Cruzeiro (1998); Yuba et al. (2002)

Essa situação é ainda mais agravada no que diz respeito à madeira de reflorestamento, que é praticamente desconhecida pelos profissionais executores de obras, quanto às suas

propriedades físico-mecânicas e aos requisitos para o processamento e beneficiamento (RAMPAZZO, 2000).

Dessa forma, o projeto deve caracterizar o produto com informações suficientes para a sua produção, com nível de detalhamento e integração, além de acompanhados de uma correta especificação do material adequado ao tipo de uso que a construção será submetida. Assim, a durabilidade da construção não fica comprometida, evitando-se manutenções corretivas,³ que são bem mais onerosas (DINIZ, 1998; FABRÍCIO, 1998).

Sendo assim, fazem-se necessárias pesquisas para a viabilização do uso da madeira de reflorestamento na construção civil. Shimbo (1997) e Rampazzo (2000) citam algumas medidas, do ponto de vista florestal, tecnológico e econômico, que devem ser levadas em conta para garantir o uso ambientalmente responsável da madeira de reflorestamento na construção civil, conforme apresentado no Quadro 1.3.

Do ponto de vista tecnológico, é necessária a compatibilização do projeto com as características da floresta (idade, espécie, diâmetro das toras), da madeira serrada (dimensões, teor de umidade, espécie, qualidade), dos equipamentos e ferramentas de fácil utilização e emprego da mão-de-obra local disponível (SHIMBO, 1997; RAMPAZZO, 2000).

Em se tratando do enfoque socioeconômico, o uso ambientalmente responsável das construções em madeira de reflorestamento se manifesta com a possibilidade de fabricação de componentes para construção, empregando-se mais mão-de-obra (geração de emprego) e menos bens de capital, além da produção de produtos que possam substituir as formas de produção centralizadas por outras de produção descentralizadas em cooperativas ou em pequenas empresas (RAMPAZZO, 2000).

Estando os conceitos de desempenho e sustentabilidade ligados diretamente à atividade de projeto e planejamento, desenvolve-se a necessidade da elaboração de recomendações de projeto que considerem tais aspectos, de modo a orientar a escolha adequada de materiais e tecnologias a serem implementadas na construção, uso/operação e manutenção. Um projeto bem elaborado, rico em detalhes construtivos e com uma especificação correta de materiais assegura a qualidade da construção e, conseqüentemente, seu desempenho. No que se refere à ecoeficiência, a utilização correta dos materiais na construção, juntamente com um projeto detalhado, integrado ao processo construtivo e corretamente dimensionado, eliminando-se

³ Manutenção corretiva corresponde aos trabalhos de diagnóstico, reparo, reforço e proteção das estruturas que já perderam sua vida útil de projeto e que apresentam patologias evidentes (DINIZ, 1998).

desperdícios, resultam em uma construção com excelente desempenho do ponto de vista sustentável.

Enfoque florestal	Enfoque tecnológico	Enfoque socioeconômico
<ul style="list-style-type: none"> • Planos de reflorestamento devem levar em conta medidas para evitar a erosão dos solos • Incentivo à diversidade de flora e fauna • Controle de incêndios florestais • Controle e inibição do esgotamento do solo, inclusive com a utilização de cascas para recompor a capacidade de nutrientes do solo • Melhoria do ciclo hídrico e evitar os riscos ambientais • Distribuição espacial dos recursos florestais (áreas florestais naturais e plantadas, áreas em uso pela agricultura e pecuária, área em degradação). 	<ul style="list-style-type: none"> • Avaliação dos impactos ambientais e a conservação de energia • Avaliação dos requisitos de desempenho das edificações • Avaliação dos requisitos das etapas do processo (produtividade, saúde, segurança dos trabalhadores, redução de resíduos, redução de custos) • Proposição de alternativas tecnológicas de fácil compreensão e uso • Compatibilização do projeto do produto com o projeto da produção adequado às características da madeira 	<ul style="list-style-type: none"> • Volume produzido por área/ tempo (produtividade florestal) • Relação: produção volumétrica/ qualidade de madeira/ tempo de rotação/ sistemas de manejo/ rentabilidade/ uso da madeira • Geração de empregos e impostos • condições de acessibilidade e transporte • Disponibilidade dos recursos financeiros dos vários agentes

QUADRO 1. 3: Medidas a serem consideradas para a garantia de um uso ambientalmente responsável da madeira de reflorestamento na construção civil

Fonte: a partir de Shimbo (1997); Rampazzo, (2000)

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

O objetivo geral da dissertação é, partindo da definição dos *requisitos* e *critérios* de desempenho para habitação, considerando as *exigências dos usuários*⁴ e as *condições de exposição* da construção, propor recomendações de projeto para execução de construções em madeira de reflorestamento, atentando para conceitos de sustentabilidade e de desempenho.

1.2.2 Objetivos específicos

- Discutir e sistematizar o conceito de sustentabilidade e desempenho, por meio de revisão bibliográfica disponível sobre o tema.
- Apresentar *requisitos* qualitativos de desempenho para edificações em madeira de reflorestamento, bem como sua inserção no projeto.

⁴As exigências dos usuários correspondem às exigências humanas que devem ser satisfeitas, e, podem ser, de caráter fisiológico, psicológico, sociológico e econômico (MITIDIERI, 1998).

- Discutir a importância e a influência do projeto no desempenho das construções em madeira de reflorestamento, por meio de estudos de casos.
- Analisar o sistema construtivo em madeira utilizado nas edificações selecionadas nos estudos de caso, identificando aspectos relativos a desempenho e sustentabilidade dessas construções.
- Identificar e caracterizar o processo de projeto de edificações pré-fabricadas em madeira de reflorestamento, levando-se em conta as características de desempenho e sustentabilidade da edificação e o contexto na qual ela será inserida.

1.3 METODOLOGIA

Para melhor atender aos objetivos da pesquisa, foi adotada, inicialmente, a revisão bibliográfica, por meio de pesquisas em base de dados que colaborassem na seleção de artigos publicados em congressos, teses, dissertações, *sites* na Internet, dentre outros.

A partir da pesquisa bibliográfica, foi observado que os conceitos de sustentabilidade e desempenho estão diretamente ligados a soluções de projeto, a exigências dos *usuários*, tipo de material empregado, processo construtivo adotado e durabilidade da construção. Dessa forma, foram escolhidos, como objeto de estudo, os sistemas construtivos pré-fabricados em madeira de reflorestamento, pois atendem a questões de sustentabilidade da edificação, sendo o projeto muito importante para assegurar seu desempenho.

Com a definição do objeto de estudo, foi definido o método de pesquisa descritiva auxiliado pela pesquisa bibliográfica, o qual facilitou a seleção das amostras e a definição das técnicas de pesquisa.

Posteriormente, realizou-se um estudo envolvendo nove edificações em diferentes localidades no Estado do Espírito Santo, sendo estas as principais etapas:

- a) *diagnóstico preliminar*, no qual foi possível testar e adaptar as técnicas selecionadas para a coleta de dados. Esta etapa abrangeu visita técnica a nove edificações, além de entrevistas e de avaliações técnicas. A partir desta etapa, foi possível a elaboração final dos roteiros para as entrevistas, questionários para pesquisa de opinião dos usuários, modelos de ficha de avaliação e outros instrumentos de coleta nos estudos de caso;
- b) estudos de caso envolvendo quatro edificações selecionadas nas seguintes localidades: uma em Piaçu (Muniz Freire), duas em Pedra Azul (Domingos Martins) e uma em

Linhares, com o intuito de avaliar o desempenho quanto à sustentabilidade dessas edificações. O critério de seleção das edificações está detalhado no Capítulo 4°.

A metodologia de avaliação de sustentabilidade dessas edificações foi com base na avaliação de desempenho e no estudo das exigências do *usuário* quanto à sustentabilidade da construção, auxiliado pela *Avaliação Pós-Ocupação (APO)*, em que se analisa a construção na fase de uso, por meio de entrevistas ao *usuário*, observações visuais e medições. Os requisitos selecionados para esta avaliação estão discriminados no Capítulo 2.

Analisando as construções na fase de uso, com o *levantamento técnico* e *entrevistas*, foi possível identificar os problemas de desempenho e falhas no processo de projeto das edificações selecionadas. Este estudo foi dividido nas seguintes etapas:

- adaptação dos roteiros para entrevistas, questionário para pesquisa de opinião, modelos de ficha de avaliação e demais instrumentos para coleta de dados;
- entrevistas com projetistas, construtores e fornecedores de madeira envolvidos no processos de projeto das quatro edificações selecionadas para obtenção de dados sobre os respectivos processo de projeto;
- *Avaliação Pós-Ocupação* das quatro edificações selecionadas na fase de uso/operação, envolvendo pesquisas com os *usuários* e avaliação técnica realizada pela pesquisadora para identificação de problemas de desempenho.

Os resultados obtidos estão apresentados no Capítulo 5° desta dissertação, juntamente com algumas propostas para solução de problemas relacionados com o desempenho das edificações detectados durante a pesquisa de campo.

Finalmente, a partir das conclusões dos estudos de caso e das informações obtidas na pesquisa bibliográfica, foram propostas as recomendações de projeto para *Edificações Pré-Fabricadas em Madeira de Plantios Florestais*. Essas recomendações incluem desde o planejamento inicial, ou seja, preocupações relativas ao fornecimento de peças de madeira e implantação da edificação, passando pelo processo produtivo, com o atendimento dos requisitos de desempenho das edificações previstos em projeto, até o tratamento de aspectos mais específicos relacionados com a fase de execução, uso/operação, manutenção, demolição e disposição final do material.

1.4 EXPERIÊNCIA NACIONAL EM CONSTRUÇÕES DE MADEIRA

No Brasil, a maior dificuldade em se estabelecer um quadro que demonstre as experiências em construções em madeira desenvolvidas é a reduzida bibliografia sobre o assunto, além da grande dispersão dessas habitações no território nacional (INO, 1992; BITTENCOURT, 1995; BARNABÉ, 2000; SILVA, 2000). Podem-se identificar tecnologias que se utilizam da madeira, principalmente em regiões com grandes reservas florestais ou ligadas às tradições construtivas de uma determinada população de imigrantes, além de alguns conjuntos habitacionais propostos por centros de pesquisas vinculados ao tema.

No entanto, há algumas construções e pesquisas na área em parceria com órgãos públicos. YUBA (2001) cita experiências de construção em madeira com produção em larga escala realizadas por INO e SHIMBO (1999) e FUNPAR (1993), concebidas de diferentes formas quanto à técnica, contexto político, econômico e social, realizadas por Prefeituras (Santo André, Campos do Jordão, Curitiba, Ribeirão Preto, Caxias do Sul) e Governos do Estado (Amazonas, Acre, Mato Grosso, Paraná), em parceria com instituições de pesquisa e ensino (GHabiS-USP/UFSCar, IPT). Por sua vez, Yuba (2001) acrescenta que, nesses projetos, foi explorada a possibilidade de pré-fabricação das unidades habitacionais para produção em larga escala, visando à redução de custos.

Existem também alguns centros de pesquisa que desenvolveram experiências vinculadas com o uso de madeiras em geral na construção de habitações, como a FUNTAC e o LAMEM da EESC/USP. Essas instituições vêm desenvolvendo novos sistemas construtivos buscando adequar novas tecnologias construtivas às diferentes características socioeconômicas das diversas regiões do País (SILVA, 2000).

Em se tratando de construções em madeira proveniente de plantios florestais, a divisão de Engenharia Civil do IPT executou vários protótipos de casas, tanto em eucalipto como em *pinus*, com ou sem preservação. Foram experimentadas técnicas de pré-fabricação de painéis, para montagem expedida nos locais de construção e uso misto de materiais, combinando madeira com alvenaria, especialmente em áreas úmidas (NAHUZ, 1998).

Foram também realizadas construções isoladas, projetadas por arquitetos que se apropriam da madeira para desenvolver habitações, podendo-se citar, dentre eles: Zanine Caldas, Severiano Porto, Gérson Castelo Branco, Marcos Acayaba, Ricardo Caruana e Carlos Motta, conforme apresentadas nas Figuras 1.1 e 1.2.

Em relação ao sistema construtivo empregado, no Brasil, raramente são executadas propostas adotando os sistemas construtivos amplamente empregados na América do Norte, como o *balloon frame*⁵ e *platform frame*⁶. A causa mais provável é que tais sistemas demandam uma mão-de-obra mais especializada, além de a estrutura necessitar de maiores cuidados e maior nível de detalhamento (BITTENCOURT, 1995).



Figura 1. 1: Residência projetada por Gérson Castelo Branco

Figura 1. 2: Pousada Pedra Azul, Domingos Martins, projetada por Zanine Caldas

Para a classificação dos sistemas construtivos em madeira nacionais, INO (1992) compila o acervo das informações técnicas e construtivas de sua pesquisa e a organiza com base no critério estrutural e tipologia da estrutura resistente, dividindo em dois grupos básicos: pilar e viga; e painéis, conforme apresentado no Quadro 1.4.

PILAR E VIGA	<ul style="list-style-type: none"> • São considerados os sistemas com elementos estruturais independentes de vedação • O contraventamento pode ser realizado por meios de reforços com diagonais • Incluem-se, neste grupo, as estruturas entramadas, as quais ganham rigidez e estabilidade após a colocação da vedação
PAINÉIS	<ul style="list-style-type: none"> • As cargas dos telhados são distribuídas e transmitidas ao longo das paredes e transferidas de forma distribuída para a fundação • As paredes têm função tanto estrutural quanto de vedação • As solicitações horizontais são absorvidas por elementos perpendiculares às fachadas (paredes e pisos), os quais dão enrijecimento necessário ao conjunto

Quadro 1. 4: Classificação dos sistemas construtivos em madeira nacionais
Fonte: INO (1992)

⁵ Sistema que se caracteriza pela repetição de quadros compostos por montantes de seções pequenas, mas com função estrutural formando paredes (BITTENCOURT, 1995).

⁶ Sistema derivado do *baloon-frame*, no entanto o plano do piso interrompe os planos estruturais verticais até seus limites externos, como uma plataforma, a qual receberá a estrutura do pavimento superior (BITTENCOURT, 1995).

Do ponto de vista da possibilidade de pré-fabricação, INO (1992) afirma que o sistema de painéis possui maior facilidade para pré-fabricação, podendo alcançar maior nível de industrialização. Entretanto, Bittencourt (1995) acrescenta que no Brasil, o sistema construtivo painéis é afetado pelo baixo desenvolvimento tecnológico da área madeira, que procura pré-fabricar painéis muitas vezes no canteiro de obra, devido à ineficiência do setor produtivo e utilizando mão-de-obra de baixo custo, sem especialização e copiando modelos.

Benevente (1995) propõe ainda, em sua pesquisa, um terceiro grupo, composto pelas construções modulares, que são unidades tridimensionais transportadas desde o local de sua produção até a área de implantação.

1.5 EXPERIÊNCIA DO ESPÍRITO SANTO

A respeito da utilização da madeira na construção civil no Estado do Espírito Santo, poucos são os artigos e documentos publicados. Além disso, as pesquisas, muitas vezes, ficam restritas a trabalhos desenvolvidos pelos alunos do curso de Arquitetura das Universidades locais.

A arquitetura em madeira, no Estado do Espírito Santo, foi bastante utilizada pelos imigrantes italianos. O Espírito Santo recebeu cerca de 40.000 imigrantes italianos que utilizaram o material de maior abundância da região, no caso, a madeira, para a construção de suas residências.

As primeiras casas edificadas eram em taipa,⁷ com dimensões modestas. Num período tardio, a casa com pilotis, adotada pelas comunidades rurais do Espírito Santo, tornou-se a solução mais utilizada e possuía a estrutura em esqueleto de madeira falquejada, com vedação de tijolos, adobe ou taipa de mão, conforme Figura 1.3 (POSENATO, 1997).

Atualmente, a técnica de taipa de mão é ainda utilizada, mas somente em construções temporárias por colonos de fazenda, enquanto não for possível a construção em tijolos e concreto (CASER, 2001).

Caser (2001) relata, em sua pesquisa, o panorama das construções em taipa de mão no Estado do Espírito Santo. Essa pesquisadora reúne as experiências desenvolvidas em taipa de mão no Estado e analisa, em cada experiência, o sistema construtivo adotado.

⁷ É uma variação de construção em terra, que consiste, basicamente, de uma malha interna de madeira, bambu ou outro material, com preenchimento de barro (LOPES, 1997).

Em 1991, foi desenvolvido o projeto “Hortos Florestais”, implantado pela Companhia Vale do Rio Doce (CVRD), com financiamento do BANDES, em vários municípios do Estado do Espírito Santo. Esse projeto utilizava eucalipto em todas as suas construções, com diversos sistemas construtivos, com o intuito de divulgar essas técnicas para pequenos produtores rurais (INO, 1997; CASER, 2001).



Figura 1. 3: Arquitetura predominante no período da colonização (POSENATO, 1997)

Quase ao mesmo tempo, foi iniciado o projeto do Centro de Vivências “Parque Ecológico Morro da Mantegueira”, também construído pela CVRD, que objetivava a criação de um local que proporcionasse proteção para o manguezal e para a mata nativa ainda existente, além de local para educação ambiental de escolas. Esse projeto teve como base o projeto “Hortos Florestais” e adaptado para utilização da taipa de mão, com algumas modificações no telhado, nos tamanhos e distribuição interna dos ambientes (CASER, 2001).

Também nessa época, impulsionada pelo ECO 92, a CVRD, juntamente com o LAMEM/EESC-USP, devido à necessidade da construção de alojamentos para sua reserva florestal em Linhares, desenvolveu os projetos desses alojamentos em eucalipto, com o intuito de experimentar o sistema *log-home*⁸ (INO, 1997).

Também se pode citar uma pesquisa que consiste no desenvolvimento de um sistema construtivo de eucalipto empilhado pré-cortado em $\frac{1}{4}$ de log. Essa denominação do sistema se deve à forma com que as toras são desdobradas, em quatro partes iguais, ou seja, $\frac{1}{4}$ da sua seção cilíndrica forma as peças que são utilizadas na confecção das paredes externas do protótipo, funcionando como pingadeiras, conforme Figura 1.4. Nesta pesquisa é relatada a

⁸ Sistema construtivo que se caracteriza em empregar madeira maciça combinando as funções estruturais às de vedação, freqüentemente construídas em países frios ou regiões montanhosas.

construção desse protótipo, também financiado pela CVRD, na reserva florestal em Linhares, avaliando aspectos arquitetônicos, como estética, conforto térmico, além de aspectos operacionais e econômicos. No que se refere à relação custo/benefício, a pesquisa conclui ser viável, do ponto de vista econômico, a implantação desse sistema para empresas que possuem florestas plantadas; por outro lado, para particulares, que adquirem a madeira tratada a preço de mercado, o custo passa a ser considerável (ROCHA, 1994).



Figura 1. 4: Detalhe do sistema de vedação externa do protótipo ¼ de log
Fonte: ROCHA (1994)

1.6 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Este trabalho está estruturado em sete capítulos. No **primeiro capítulo**, apresenta-se a importância do tema, sua relevância e a justificativa para o desenvolvimento da pesquisa, além dos objetivos do trabalho, da metodologia utilizada para alcançar tais objetivos e da estrutura geral da dissertação. Ainda nesse capítulo são citados alguns centros de referências, além de experiências em construções em madeira no Brasil e no Estado do Espírito Santo, com o objetivo de contextualizar a pesquisa.

No **segundo capítulo**, é discutida a importância dos conceitos de desempenho e sustentabilidade associados a medidas de projeto para edificações em madeira de reflorestamento. São abordados alguns requisitos indispensáveis no planejamento de uma edificação sustentável e que serão utilizados durante o levantamento técnico da *Avaliação Pós-Ocupação* dos estudos de caso.

No **terceiro capítulo**, é analisada a cadeia produtiva de edificações em eucalipto, desde recomendações a respeito do plantio, desdobro da madeira, cuidados com a secagem e

tratamento preservativo das peças de eucalipto, assim como com o planejamento da edificação, até aspectos de montagem, uso e disposição final do eucalipto utilizado na construção.

O **quarto capítulo** consiste na exposição detalhada da metodologia utilizada nos estudos de caso para o desenvolvimento desta dissertação. Dessa forma, são apresentadas as principais etapas da pesquisa, que se divide, basicamente, em pesquisa bibliográfica, estudos de caso e proposição de recomendações para edificações em madeira de reflorestamento. São também apresentadas as etapas de desenvolvimento dos estudos de caso, o método de seleção das amostras, o tratamento dado às respostas dos *usuários* na pesquisa e a forma com que foram utilizados os roteiros nas entrevistas para buscar informações a respeito do projeto, fornecimento de madeira, construção e manutenção das edificações.

No **capítulo quinto** são apresentados e discutidos os resultados obtidos nos estudos de caso, relacionando possíveis ligações entre os problemas de desempenho detectados e o processo de projeto adotado na produção de cada edificação selecionada pela pesquisa. Além disso, são apresentadas, ainda, as principais conclusões obtidas nos estudos de caso

No **capítulo sexto**, são propostas, a partir das conclusões obtidas nos estudos de caso e juntamente com a revisão de literatura apresentada nos Capítulos 2º e 3º, recomendações de projeto para edificações em madeira de reflorestamento, principal objetivo desta dissertação.

No **capítulo sétimo**, são apresentadas conclusões obtidas durante a realização da pesquisa, além de algumas sugestões para trabalhos futuros.

CAPÍTULO 2º - REQUISITOS DE DESEMPENHO PARA PROJETOS DE EDIFICAÇÕES SUSTENTÁVEIS EM MADEIRA DE PLANTIOS FLORESTAIS

2.1 INTRODUÇÃO

Cada vez mais presente na construção civil, a racionalização do processo construtivo leva ao desenvolvimento de novos materiais, componentes e sistemas construtivos que visam a buscar alternativas aos produtos tradicionais usados na construção.

No entanto, existe a necessidade de se avaliar essa gama de novos produtos que surgem no mercado, pois a utilização de novas tecnologias, sem uma prévia avaliação, pode acarretar inúmeras manifestações patológicas na construção.

Diante dessa necessidade, o conceito de desempenho surgiu no final dos anos 60, no período pós-guerra, com a função de sistematizar a variedade de produtos, técnicas e sistemas construtivos desenvolvidos visando à reconstrução dos países envolvidos na guerra. As primeiras instituições a abordarem esse assunto foram o RILEM, a ASTM e o CIB. Posteriormente, mais uma instituição aderiu a esse grupo, a ISO (BONIM, 1998; MITIDIERI, 1998; CASER, 2000). No Brasil, o IPT e a ABNT são as instituições que mais têm se dedicado a difundir o tema, sistematizando requisitos e critérios de desempenho para materiais e sistemas de construção (CASER, 2000).

A palavra desempenho, aplicada à construção civil, significa *comportamento em utilização* e caracteriza a necessidade de um produto apresentar certas propriedades que o capacitem a cumprir sua função quando sujeito a determinadas ações¹ (CIB, 1982; SOUZA, 1988; MITIDIERI, 1995; ABNT, 2002). O CIB (1982) sintetiza o significado, afirmando que desempenho nada mais é que a aplicação de um rigoroso método analítico e científico para estudar o funcionamento de um edifício e suas partes. Por esse motivo, o conceito de desempenho tem sido bastante aplicado no desenvolvimento de produtos, no intuito de garantir a qualidade, além de assumir caráter metodológico, servindo de guia e determinando meios para alcançar resultados mais seguros (INO, 1992).

Na indústria da construção civil, a aplicação do conceito de desempenho consiste em traduzir as necessidades e expectativas dos usuários adaptadas à realidade local em requisitos técnicos e critérios quantitativos de desempenho. Desse modo, é possível mensurar todas as

¹ Tais ações atuantes sobre o edifício são denominadas condições de exposição do edifício (CIB, 1982; SOUZA, 1988; MITIDIERI, 1995; ABNT, 2002).

necessidades e expectativas como forma de garantir o sucesso do empreendimento (BECKER, 1999).

A avaliação de desempenho, tanto da edificação como de suas partes, se torna necessária para a prevenção de seu comportamento potencial, quando em utilização normal. Dessa forma, pode ser garantido seu perfeito funcionamento. Essa avaliação é baseada em *requisitos* e *critérios*, que expressam condições quantitativas e qualitativas as quais o edifício deve atender para satisfazer às exigências dos *usuários*, sob determinadas condições de exposição. Para cada requisito de desempenho, há um conjunto de indicadores ou parâmetros que fornecem informações sobre o funcionamento da construção, conforme apresentado no Quadro 2.1.

	REQUISITOS DE DESEMPENHO	INDICADORES DE DESEMPENHO
Segurança estrutural	Exigências de segurança estrutural	▪ Estabilidade e resistência mecânica
	Exigências de segurança ao fogo	▪ Limitações do risco de início e propagação de um incêndio
	Exigências de segurança à utilização	▪ Segurança do usuário e segurança a intrusões
Habitabilidade	Exigências de estanqueidade	▪ Estanqueidade aos gases, aos líquidos e aos sólidos
	Exigências de conforto higrotérmico	▪ Temperatura e umidade do ar
	Exigências de qualidade do ar interno	▪ Odores e pureza do ar
	Exigências de conforto visual	▪ Claridade e insolação
	Exigências de conforto acústico	▪ Nível de ruído
	Exigências de conforto tátil	▪ Eletricidade estática, rugosidade e umidade
	Exigências de conforto antropodinâmico	▪ Acelerações, vibrações e esforços de manobra
	Exigências de higiene	▪ Abastecimento de água, eliminação de matérias usadas
	Exigências de adaptação à utilização e acessibilidade	▪ Funcionalidade dos espaços
Durabilidade e manutenibilidade	Exigências de durabilidade	▪ Conservação e desempenho ao longo do tempo, conservação da vida útil de projeto, quando submetido a intervenções periódicas de manutenção e conservação, segundo instruções específicas do fornecedor. Facilidade de manutenção da construção
	Aspectos econômicos	▪ Custo inicial acessível. Custo de manutenção acessível para a edificação não sofrer deterioração precoce. Custos de operação decorrentes do excessivo consumo de energia ou de água

QUADRO 2. 1: Requisitos de desempenho das edificações

Fonte: a partir de ISO 6241 (1984); JOHN (1988); MITIDIARI (1998); SOUZA (1988)

No Brasil, a avaliação de desempenho vem encontrando certos obstáculos por parte do meio técnico e, principalmente, pelo meio empresarial que não consegue considerá-la como instrumento fundamental na melhoria da qualidade de um produto. Outro obstáculo notório é a heterogeneidade de critérios para avaliação de novos produtos para a construção, bem como a própria metodologia adotada na avaliação de desempenho (MITTIDIARI et al., 2003).

No caso das construções em madeira, esse problema é agravado pela completa ausência de procedimentos para avaliação de desempenho dessas construções, impossibilitando até a disposição de linhas de crédito destinadas à habitação em madeira, já que, para isso, agentes financiadores, como a Caixa Econômica Federal, exigem prévia avaliação de desempenho da construção.

Portanto, é necessária a adoção de uma sistemática avaliação de desempenho de produtos, para que seja possível a garantia da sua qualidade pelo fornecedor ou produtor. Além disso, o produtor pode com isso se diferenciar do mercado, já que comprova a qualidade do seu produto, aumentando suas possibilidades de comercialização e negociação.

No entanto, apesar de toda a dificuldade encontrada ao se avaliar produtos ou sistemas construtivos existentes, tem surgido, também, a necessidade de o mercado da construção civil se adaptar a um novo tipo de requisito de desempenho que visa à eficiência ambiental do ambiente construído. Essa adaptação do mercado, em frente a questões ambientais, está assumindo extrema importância e sua discussão está cada vez mais presente na mídia e sob a mira da opinião pública, que pressiona as autoridades por ações mais concretas no sentido de aplicar penas a quem não demonstre responsabilidade com o meio ambiente.

Sendo assim, a avaliação de desempenho ambiental das construções tem sido exaustivamente discutida no meio técnico e tem o objetivo de otimizar o processo de projeto, construção, reforma e demolição de edifícios, avaliando a capacidade dos edifícios de contribuir para um ambiente mais sustentável (ISO/CD 21931, 2002). Silva (2004) acrescenta que o desempenho ambiental de edifícios está finalmente se consolidando no País e que já é uma necessidade percebida pela construção civil nacional.

É nesse contexto que a madeira surge como opção viável para a construção ambientalmente responsável, pois, além de ser proveniente de recurso renovável, é reciclável, possui boas propriedades de conforto visual, tátil, térmico e acústico, se projetada corretamente.

Neste capítulo, será abordada a sustentabilidade como requisito de desempenho das construções e sua aplicação na fase de projeto. Pretende-se discutir a importância da sustentabilidade na construção civil, citando os requisitos de desempenho que devam ser considerados na etapa de projeto para edificações que utilizem madeira de reflorestamento como principal componente construtivo.

2.2 O IMPACTO AMBIENTAL DAS CONSTRUÇÕES E A SUSTENTABILIDADE DA CONSTRUÇÃO

Nas últimas décadas, a sociedade humana desfrutou de uma infinidade de novos produtos derivados de materiais e tecnologias inovadoras. No entanto, toda essa modernidade levou a altos custos ambientais e para saúde humana, representada por poluição, lixo urbano e industrial tóxico e perigoso. Isso porque ocorreu uma mudança do perfil de resíduos, causada pela substituição de materiais tradicionais (vidro, aço, madeira) por outros componentes (alumínio, plásticos) (FURTADO, 2001).

Atualmente, todos os setores econômicos vêm sentindo a pressão da crise energética mundial e, na indústria da construção civil, não poderia ser diferente. Além da instabilidade política nas regiões produtoras de petróleo, há que se considerar os limites temporais da disponibilidade da grande maioria dos recursos, de grande parte de matérias-primas fundamentais, como o ferro, cromo, carvão e do próprio petróleo (MASCARÓ, 1991; BRAGA et al., 2002).

Na busca por metas estabelecidas em direção ao desenvolvimento sustentável de um país, é necessário ressaltar a importância significativa do setor da construção civil. Na realidade, a indústria da construção civil representa a atividade humana com maior impacto sobre o meio ambiente, no momento em que alteram a natureza, função e aparência de áreas urbanas e rurais, além de consumirem recursos naturais e gerarem resíduos em maiores quantidades que outros setores da economia (SILVA et al, 2003).

Apesar disso, a construção civil também contribui essencialmente para a qualidade de vida da população, no momento em que gera empregos e fornece meios para o atendimento de necessidades humanas básicas (como abrigo, saúde, educação e interação social) (SILVA, 2003). Assim sendo, surge a necessidade da busca por materiais alternativos e provenientes de recursos renováveis para a utilização na construção civil, pois esta, ao mesmo tempo em que traz malefícios ao meio ambiente, contribui para uma série de aspectos essenciais para a população.

Outro aspecto a ser considerado na escolha de materiais e tecnologias construtivas é a quantidade de energia consumida desde a construção até a fase de uso. Na quantificação do consumo energético de um edifício, leva-se em consideração não somente o processo básico da produção dos materiais e do uso do edifício (aquecimento, refrigeração e iluminação), mas

também a energia incorporada ao material desde a sua extração, transformação em produto acabado, uso e demolição (BARBOZA, 2000; JOHN, 2000). A energia gasta durante o ciclo de vida de uma construção é um dos itens mais importantes para a avaliação do impacto ambiental no setor, sendo um dos indicadores de sustentabilidade das construções (BARBOZA, 2000).

Uma outra abordagem utilizada como suporte para a sustentabilidade tem sido a do reaproveitamento do resíduo da obra (entulho) como matéria-prima para fabricação de outros componentes (RIBEIRO, 2003).

A construção sustentável também envolve questões das práticas de construção limpa e técnicas em eficiência de recursos desde a extração do material até a demolição e disposição dos seus componentes (OFORI, 2000). O conceito implica uma ampla e complexa abordagem a respeito da construção e gerenciamento do ambiente construído, tomando a análise do ciclo de vida de um produto como perspectiva (KRONKA, 2001; SILVA et al., 2001).

No entanto, atualmente, pode-se observar uma evolução no conceito de sustentabilidade da construção, que transcende a sustentabilidade ambiental para atingir a sustentabilidade econômica e social, que enfatiza o valor dado à qualidade de vida do indivíduo e das comunidades. É nesse contexto que os princípios de desenvolvimento sustentável são aplicados no ciclo da construção civil desde a extração e beneficiamento da matéria-prima, por meio de planejamento, construção de edifícios e da infra-estrutura, até o controle e disposição final do material de demolição (CIB&UNEP-IETC, 2002). A Figura 2.1 exemplifica o modelo de sustentabilidade na produção de edificações, funcionando como um sistema fechado, em que prevalece a reciclagem e a reutilização dos recursos, gerando menos resíduos para serem absorvidos pelo meio ambiente, o controle do crescimento populacional e o uso racional de energia (BRAGA et al., 2002). Nesse novo modelo, os produtos, além de apresentarem um desempenho ambiental adequado durante a sua vida útil, não são destinados a aterros ao final de suas vidas úteis e, sim, projetados para facilitar as operações de reabilitação e reformas, desmontagem e reutilização de seus componentes e até reciclagem, minimizando o consumo de recursos naturais (JOHN, 2000).

E é dessa forma que as chamadas edificações sustentáveis, concebidas para favorecer o uso racional dos recursos naturais, a utilização de materiais ecologicamente corretos e que controlem seus resíduos, vêm se tornando objeto de estudo em pesquisas científicas.

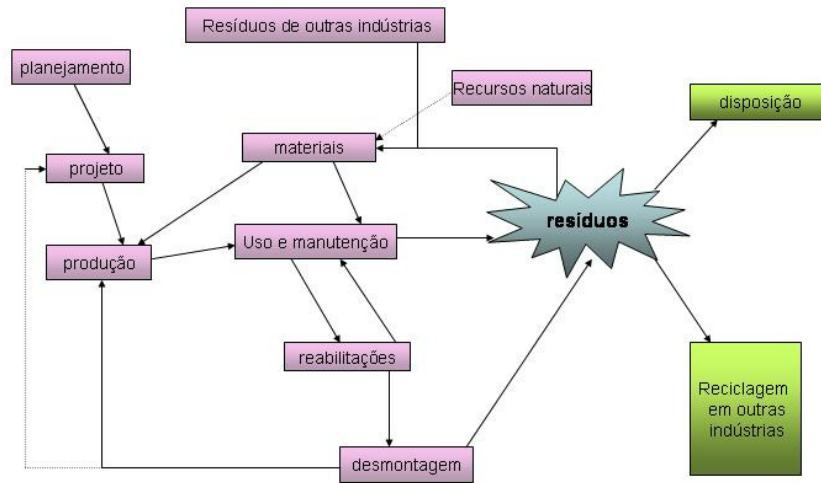


Figura 2. 1: Ciclo de produção fechado
Fonte: JOHN (2000)

Em relação à aplicação do conceito de desenvolvimento sustentável, os países europeus foram pioneiros na definição de novas políticas ambientais. A utilização de normas e sistemas de rotulagem ambiental, avaliação do ciclo de vida de produtos, regulamentação compulsória, acordos e códigos voluntários de ética ambiental são algumas das novas políticas ambientais para a indústria (FURTADO, 2001).

Com a atenção voltada ao meio ambiente, os pesquisadores e empresários do mundo inteiro têm se dedicado a estudos relacionados com a questão da sustentabilidade das construções, já que alguns dos materiais e processos mais utilizados atualmente na construção civil são inadequados do ponto de vista ambiental.

Surge, então, a necessidade de mudança desse quadro por meio de pesquisas no setor e de um novo perfil adotado pelos arquitetos, projetistas e engenheiros. No entanto, atualmente, a materialização de uma solução de engenharia não depende exclusivamente de decisão e ajuda financeira, mas também de um amplo debate e negociação com os setores ambientalistas que defendam os interesses locais. Além disso, é preciso atender aos requisitos exigidos por órgãos governamentais normalizadores e financiadores (BRAGA et al., 2002).

É interessante salientar que a busca por uma postura ambientalmente responsável, principalmente por parte de grupos empresariais, pode acarretar em aumento da

competitividade no setor, isso porque o mercado consumidor internacional tende a ficar mais seletivo, buscando produtos que atendam às necessidades dos consumidores sem comprometer o meio ambiente (NGOWI, 2001).

Nesse contexto, Shimbo (1997) acrescenta uma lista de classes de variáveis ou indicadores de desempenho que devem ser considerados para a avaliação da sustentabilidade de um dado empreendimento, de acordo com o Quadro 2.2.

Avaliação ecológica	Avaliação social	Avaliação econômica	Avaliação tecnológica
<ul style="list-style-type: none"> • grau de reprodutividade ao longo do tempo • grau de riscos aos sistemas naturais (atmosfera, solos, águas e seres vivos) • grau de atendimento às necessidades do presente sem comprometer o futuro 	<ul style="list-style-type: none"> • grau de atendimento à população de baixa renda • incremento do padrão de vida (condições de saúde, nutrição, educação) da população de baixa renda • acréscimo da renda real per capita da população de baixa renda • grau de aprimoramento dos sistemas sociais 	<ul style="list-style-type: none"> • distribuição mais justa de renda • acesso aos produtos e serviços • taxa de retorno de investimento em capital natural e capital feito pelo homem • grau de competitividade em termos econômicos independentes de subsídios e reservas de mercado • grau de compatibilização entre a escala de produção e as finalidades de seu uso 	<ul style="list-style-type: none"> • quantidade de insumos energéticos renováveis para produção de bens • grau de simplicidade e tecnologia (facilidade de compreensão e uso) • densidade de capital e trabalho (relação demanda de trabalho/tecnologia empregada) • durabilidade do produto • possibilidade de reciclagem e reutilização • utilização de recursos disponíveis no próprio sistema social • grau de aceitação cultural pelos usuários • grau de otimização dos recursos financeiros, materiais e humanos disponíveis • exigências de desempenho para segurança e conforto

QUADRO 2. 2: Indicadores para a avaliação ecológica, social, econômica e tecnológica para empreendimentos em uma perspectiva de desenvolvimento sustentado
Fonte: Adaptado de SHIMBO (1997)

2.3 A AVALIAÇÃO DE SUSTENTABILIDADE DAS CONSTRUÇÕES.

A necessidade de se avaliar o desempenho ambiental dos edifícios surgiu na constatação de que não existiam meios para verificar quão “sustentáveis” eram de fato as construções. Mesmo porque alguns edifícios concebidos com a proposta de reunir os conceitos de construção ecológica chegavam a consumir mais energia que aqueles resultantes de práticas comuns de projeto e construção (SILVA, 2004).

Dessa forma, surgiu a avaliação ambiental do edifício, que deve levar em consideração as condições específicas de projeto e o estabelecimento de um padrão de métodos a serem utilizados para essa avaliação, em complementação aos métodos de avaliação dos produtos feitos pelas outras indústrias (ISO/CD 21931, 2002).

Na avaliação de sustentabilidade das construções, devem-se também considerar os níveis de utilização de recursos naturais, geração de poluição e emissões, qualidade do ambiente interno, comprometimento ambiental dos agentes envolvidos (projetistas, executores e empreendedores) e a qualidade de monitoramento do edifício, juntamente com a análise do contexto de inserção (JOHN et al., 2001).

É necessário, também, considerar situações adversas durante as várias etapas do processo construtivo, conforme apresentado no Quadro 2.3. Nesse sentido, observa-se que é importante a preocupação desde a extração do material até que tipo de empreendimento será construído, levando-se sempre em conta os contextos naturais, econômicos e culturais das nações e regiões. Essa importância do contexto local permite a co-existência de métodos nacionais e regionais para a avaliação e classificação do desempenho ambiental da construção (ISO/CD 21931, 2002).

Qual é o material	Onde será construído	Como será construído	O que será construído
<ul style="list-style-type: none"> • onde o material é obtido • como o material é extraído • como o material é processado • se há possibilidade de reciclagem do material e como será feita • como será o transporte do material • como será a estocagem do material • como o material será deslocado dentro da obra 	<ul style="list-style-type: none"> • proximidade da obra • as imediações do ambiente físico, proximidade a fontes de água (poluição) e ecossistemas • ruptura social (ex.: deslocamento dos moradores locais) • ruptura econômica (ex.: perda dos habitantes das comunidades locais) • infra-estrutura local apresenta necessidade de expansão e causa impacto • impacto no tráfego de veículos futuros na localidade 	<ul style="list-style-type: none"> • métodos de construção • sistema de gerenciamento do projeto construtivo • medidas de controle locais • bem-estar do empregados locais, dos vizinhos e do público em geral • gerência dos recursos (incluindo minimização de perdas) 	<ul style="list-style-type: none"> • o planejamento e o projeto devem otimizar iluminação e ventilação naturais • especificação e implicação dos materiais utilizados • considerações de custo de vida útil do edifício como, qualidade e manutenibilidade • avaliação do uso de energia e de outros recursos • facilidade de demolição da construção • reciclagem e reutilização dos resíduos de demolição

Quadro 2. 3: Considerações relevantes e aspectos ambientais a serem observados na atividade de projeto e construção

Fonte: Adaptado de OFORI (2000)

Portanto, para a busca de uma indústria de construção mais sustentável, é necessário fornecer mais valor, minimizar a poluição gerada, valorizar o uso sustentado de recursos, responder mais ativamente às partes interessadas e melhorar a qualidade de vida presente sem comprometer o futuro (SILVA, 2004).

Sendo assim, observa-se a existência de variáveis que influenciam na avaliação de desempenho ambiental das construções, o que dá margem a uma discussão a respeito da

metodologia adequada de avaliação. Silva et al. (2003) estruturam, em sua pesquisa ampla sobre o assunto, os problemas metodológicos de um esquema de avaliação de edifícios em três questões principais: *o que medir?*; *Como medir?*; *O quanto atingir?* Portanto, é necessária a definição da estrutura e do conteúdo da avaliação e também dos itens que serão medidos; a seleção dos indicadores dessas medidas e definição dos pesos a serem atribuídos; e a definição dos níveis de referência (*benchmarks*) e metas de desempenho.

Como já foi mencionada, a heterogeneidade de critérios para avaliação de desempenho é um dos maiores obstáculos encontrados para a introdução dessa prática no mercado. Essa situação se complica mais ainda no que se refere à avaliação de impactos ambientais. A *LCA*² é sustentou o desenvolvimento das metodologias, na década de 90, para avaliar os impactos ambientais da construção civil, como parte das estratégias para o cumprimento de metas ambientais locais estabelecidas a partir da ECO 92 (SILVA et al., 2001).

É importante saber que a análise de ciclo de vida de um determinado produto pode ser complexa pelas suas próprias características e, ainda, quando se considera uma edificação como o produto a ser analisado, deve-se realizar uma avaliação simultânea de vários outros produtos e serviços que compõem essa edificação, elevando o grau de complexidade quanto à sua análise de ciclo de vida (SPERB, 2000).

Atualmente, o conceito de análise de ciclo de vida ainda está presente em quase todos os esquemas de avaliação disponíveis, seja em maior grau (sistemas *LCA-based*) ou menor grau (sistemas *criteria-based*). No entanto, no primeiro sistema citado (*LCA-based*), usa-se *LCA* onde for possível e complementa-se por critérios ambientais, traduzidos por indicadores (SILVA et al., 2003).

Silva (2004) descreve os principais sistemas existentes atualmente para a avaliação ambiental de edifícios, conforme demonstrado no Quadro 2.4.

Arruda (2000a) cita também o método holandês de avaliação de sustentabilidade, a lista BME, realizado pelo NIBE, com base em uma classificação dada a todos os materiais de construção existentes no mercado holandês e belga, identificando seus impactos por meio da *LCA*. Esse método leva em consideração variáveis como: a localização; projeto, insolação e ventilação; materiais; aquecimento; gerenciamento da água e condicionamento acústico.

² Análise do ciclo de vida, em português.

País	Sistema
Reino Unido	BREEAM (BRE Environmental Assessment Method)
	PROBE (Pos-occupancy Review of Building Engineering)
Estados Unidos	LEED (Leadership in Energy and Environmental Design)
	MSDG (Minnesota Sustainable Design Guide)
Internacional	GBC (Green Building Challenge)
Hong Kong	HK-BEAM (Hong-Kong Building Environmental Assessment Method)
Alemanha	EPIQR
Suécia	EcoEffect
	Environmental Status of Buildings
Dinamarca	BEAT 2002
Noruega	Eco Profile
Finlândia	PromisE Environmental Classification System for Buildings
Canadá	BEPAC (Building Environmental Performance Assessment Criteria)
	BREEAM Canadá
Áustria	Comprehensive Renovation
França	ESCALE
Japão	CASSBEE (Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency)
	BEAT (Building Environmental Assessment Tool)
Austrália	NABERS (National Australian Building Environment Rating Scheme)

Quadro 2. 4: Principais sistemas existentes de avaliação ambiental de edifícios

Fonte: A partir de SILVA (2004)

Para a ISO/CD 21931 (2002), os métodos de avaliação de desempenho ambiental deverão abordar os seguintes aspectos:

- uso claro e planejado dos métodos de avaliação estabelecidos;
- definição dos limites da construção;
- adoção de suposições estruturadas considerando o escopo da construção e o contexto;
- listagem das questões ambientais;
- adoção de uma metodologia de quantificação de desempenho ambiental;

- adoção de fontes de informação (base de dados);
- relação de resultados da avaliação.

Portanto, nota-se que existem muitos métodos para avaliação de desempenho ambiental de edificações. Dessa forma, a heterogeneidade de critérios gera uma discussão entre os pesquisadores a respeito dos processos metodológicos mais adequados para a avaliação ambiental dos sistemas e processos.

Dacanal (2003) alimenta essa discussão quando levanta o questionamento a respeito de diagnósticos ambientais que utilizam bases metodológicas de caráter perceptivo: *“Poderiam existir interpretações ambientais diferentes com base na percepção de vários pesquisadores?”*

Para justificar a falta de um procedimento comum adotado por pesquisadores quanto à avaliação de desempenho ambiental, Sperb (2000) afirma que, além das pesquisas na área serem recentes, os dados disponíveis são escassos, superficiais e, principalmente, qualitativos.

No que tange à construção civil no Brasil, estudos de ciclo de vida têm sido desenvolvidos por universidades que se dedicam, com sucesso, a pesquisas sobre conforto, desempenho de materiais e edifícios, gerenciamento de resíduos e eficiência energética, entre outros estudos, conforme apresentado no Quadro 2.5.

Em pesquisa recente, Silva (2004) propõe um modelo de avaliação referente a edifícios de escritórios. Esse modelo não avalia somente o desempenho ambiental da construção, mas também sua contribuição para um ambiente construído mais sustentável, por meio da consideração de aspectos sócioeconômicos, relacionando-os com a produção e operação do edifício.

Em se tratando de normalização, a ABNT (2002) desenvolveu um projeto de norma para avaliar o desempenho das construções de até cinco pavimentos que considera a sustentabilidade como um dos requisitos de desempenho. Serão utilizados, na presente pesquisa para análise, os requisitos de desempenho descritos por esse projeto de norma no item 2.5 deste capítulo.

INSTITUIÇÃO	ALGUMAS EXPERIÊNCIAS
C+E Construção Civil e Meio Ambiente Universidade Federal de Campinas	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pesquisas sobre impactos ambientais dos edifícios e da indústria da construção, projeto orientado para

	o meio ambiente, estudo de ferramentas para a avaliação do impacto ambiental de materiais
NORIE – Núcleo Orientado para Inovação da Edificações Universidade Federal de Santa Catarina	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pesquisas sobre conforto no ambiente construído, avaliação de desempenho das edificações e comunidades sustentáveis ▪ Possui um centro consolidado de estudos em simulação computadorizada, eficiência energética e conservação de energia em edificações
Departamento de Estruturas e Edificações Universidade Federal do Espírito Santo	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pesquisas sobre reciclagem de resíduos, avaliação ambiental de edifícios, análise do ciclo de vida dos materiais, desempenho de sistemas construtivos, qualidade de projeto e manutenção de edifícios
LabEEE – Laboratório de Eficiência Energética em Edificações Universidade Federal de Santa Catarina	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Desenvolvimento de pesquisas sobre eficiência energética em edifícios, análise do ciclo de vida de materiais, desempenho de sistemas construtivos, qualidade de projeto e manutenção de edifícios
Grupo de Estudo em Eficiência Energética Universidade Federal do Espírito Santo	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Estudos sobre eficiência energética, desenvolvimento de equipamentos/componentes de baixo consumo de energia elétrica

Quadro 2. 5: Algumas experiências brasileiras no estudo de avaliação de sustentabilidade das edificações
Fonte: A partir de BAGATELLI (2000); SILVA (2004)

2.4 O PAPEL DO PROJETO NO DESEMPENHO DAS EDIFICAÇÕES EM MADEIRA

Para planejar uma arquitetura ambientalmente responsável, é necessária uma abordagem integrada de equipe, desde o início até o término da construção. Um trabalho não coletivo pode acarretar ineficiência e maiores gastos na construção (GOTTFRIED, 2000).

Nesse sentido, é interessante que os profissionais envolvidos no projeto e execução da construção se reúnam para, em conjunto, definir metas a serem atingidas pelo empreendimento. Uma das metas importantes a ser alcançada é o desempenho ambiental da construção, que deve ser planejado desde a concepção da edificação até sua execução. Para isso, sabe-se que é na fase de projeto que ações voltadas para o desempenho da edificação alcançam melhores resultados. Assim, a fase de projeto surge como uma etapa extremamente importante para a introdução de medidas ambientais que possam garantir à construção um melhor desempenho quanto à sustentabilidade.

Apesar de todas as etapas de produção de um empreendimento influenciarem de certa forma seu desempenho, é na fase de concepção que são tomadas as decisões que mais refletem nos custos, velocidade e qualidade das construções (FRANCO; AGOPYAN, 1993). Dessa forma, o projeto adquire fundamental importância para o adequado desenvolvimento das atividades de construção, antecipando no papel o ato de construir, pela identificação das exigências dos

usuários, e determinando os requisitos e critérios de desempenho a serem atendidos (BARROS; SABATTINI, 1996; MACIEL, 1997).

Atualmente, a sustentabilidade da construção, que antes era negligenciada por arquitetos e projetistas, passa a ser um requisito importante a ser considerado na fase de projeto. O conceito de sustentabilidade aplicado à construção afeta as soluções de engenharia que antes buscavam somente soluções de desempenho técnico associado a menor custo e agora passam a considerar soluções de menor impacto ambiental (JOHN, 2000).

Na fase de projeto, um dos aspectos importantes a ser considerado é o efeito da utilização de certos materiais na construção ao meio ambiente. É na etapa de projeto que se obtém o maior êxito na adoção de medidas que visem à incorporação de elementos que trazem características de sustentabilidade à edificação (KRONKA, 2001).

No que diz respeito ao desempenho ambiental, deve-se considerar, durante a fase de projeto, os aspectos ambientais envolvidos durante todo o ciclo de vida da construção. Para isso, devem-se selecionar materiais de acordo com a agenda ambiental local, otimizar os recursos energéticos e hídricos, favorecer a reciclagem de materiais, além do tratamento de dejetos e a preservação da paisagem, reduzir os desperdícios e a poluição nos canteiros, buscar qualidade do ambiente interno, juntamente com o aumento de durabilidade da construção (JOHN, 2000; JOHN et al., 2001).

Em se tratando de construções em madeira, garantir sua durabilidade é um aspecto que merece a devida atenção na fase de projeto, não somente por ser um dos maiores problemas encontrados para a difusão desse sistema construtivo na construção civil, mas também por ser um dos requisitos que, como citado, garantem a sustentabilidade das edificações.

Para edificações em madeira, o projeto torna-se imprescindível, pois esta não permite erro. Não pode haver tolerância dimensional, é necessária precisão, diferentemente das construções convencionais em alvenaria, nas quais as correções são realizadas principalmente nas paredes, para permitir o acabamento final ou ajustá-las a outros elementos construtivos. Nas construções em alvenaria, as ligações também não possuem a mesma importância ou função, sendo de extrema importância o dimensionamento e o detalhamento dessas uniões nas construções em madeira. Nesse sentido, por considerar o detalhe como elemento inerente à concepção, o projeto da arquitetura em madeira possui um traço diferente das demais, por

favorecer a flexibilidade da construção e a possibilidade de reformas (BITTENCOURT, 1995).

Dessa forma, é necessária, durante o projeto de estruturas pré-fabricadas em madeira, a definição dos requisitos e critérios de desempenho a serem atendidos com a escolha do sistema construtivo. Essa etapa de concepção bem elaborada e devidamente avaliada resulta em grandes possibilidades de sucesso do empreendimento. No entanto, para qualquer tipo de construção, as conseqüências de um projeto mal elaborado permanecem durante toda a vida útil da construção, sendo responsáveis por elevados custos de manutenção, reparos e insatisfação do usuário (SALDANHA; SOUTO, 1998). Além disso, é na fase de projeto que a seleção de uma tecnologia inadequada ou o superdimensionamento de uma solução construtiva podem causar desperdício ou necessidade de retrabalho (JOHN, 2000).

2.5 REQUISITOS DE DESEMPENHO E SUSTENTABILIDADE PARA EDIFICAÇÕES SUSTENTÁVEIS.

Com o advento do desenvolvimento sustentável e da construção sustentável, o consumidor europeu passou a exigir uma postura mais comprometida com o meio ambiente e com a qualidade das construções, como forma de atender às suas necessidades. Portanto, os produtos resultantes de um processo de fabricação que poluem ou possam degradar o meio ambiente de alguma forma foram rejeitados pelo consumidor, que passa sua insatisfação com o desempenho de tais produtos para os fornecedores. Este repassa essa pressão aos fabricantes, que são forçados a buscar *tecnologias limpas* para o desenvolvimento de novos produtos, fechando o ciclo.

Dessa forma, algumas *novas* necessidades foram acrescentadas aos requisitos de desempenho das construções já vistos no Quadro 2.1, como forma de atender às *novas* exigências dos usuários e ampliar o conceito de *desempenho* visando ao alcance da sustentabilidade das construções, conforme Quadro 2.6. Esses novos requisitos já estão previstos no projeto de norma da ABNT (2002) para Avaliação de Desempenho para Edificações com até cinco pavimentos, como adequação ambiental da edificação.

Nos itens posteriores, serão apresentados os requisitos ou exigências de habitabilidade e sustentabilidade previstos no projeto de norma da ABNT (2002), tal como os requisitos ou

indicadores de desempenho que devam ser observados durante a Avaliação Pós-Ocupação dos estudos de caso descritos no Capítulo 5º da presente dissertação, a saber:

- **Habitabilidade:** estanqueidade; conforto higrotérmico; conforto acústico; conforto lumínico; saúde, higiene e qualidade do ar; funcionalidade e acessibilidade; conforto tátil;
- **Sustentabilidade:** durabilidade, manutenibilidade (aspectos econômicos de manutenção) e adequação ambiental.

	REQUISITOS DE DESEMPENHO	INDICADORES DE DESEMPENHO
Sustentabilidade	Uso racional de recursos	<ul style="list-style-type: none"> • Cuidados relativos à construção até as atividades de manutenção e operação; prever cuidados com a racionalização a partir de sua concepção; os equipamentos e sistemas utilizados na construção devem possibilitar o uso eficiente de água e energia, além de outros recursos
	Reutilização e reciclagem	<ul style="list-style-type: none"> • Uso de matéria-prima e componentes produzidos a partir de matéria-prima reciclada; uso de materiais que incluam o aproveitamento de resíduos gerados por outras indústrias
	Saúde e qualidade do ambiente interno	<ul style="list-style-type: none"> • Uso de materiais atóxicos; uso de materiais antifungos e antialérgicos; níveis de iluminação, temperatura e ruídos, ventilação e qualidade do ar interno
	Urbanização e planejamento da ocupação	<ul style="list-style-type: none"> • Integração do edifício por este influenciado; infra-estrutura de serviços públicos, como: coleta de lixo, abastecimento de água, energia e transportes; impactos ambientais gerados pela construção
	Gerenciamento da construção	<ul style="list-style-type: none"> • Cuidados relativos à impactos ambientais e sociais; cuidados com a destinação do entulho da obra e com os resíduos provenientes da construção
	Análise de ciclo de vida da edificação	<ul style="list-style-type: none"> • Escolha de materiais com pouca energia embutida na sua produção; materiais duráveis e de manutenção fácil; evitar materiais que possam poluir ou degradar o meio ambiente durante a sua produção, uso e disposição final; uso de madeiras provenientes de manejo sustentado

Quadro 2. 6: *Novas exigências dos usuários*

Fonte: A partir de ENVIROMENTAL BUILDING NEWS (1995); ENVIROMENTAL BUILDING NEWS (1998); CIB (2000); ABNT (2002)

Para esta dissertação, não serão abordados os requisitos previstos pela norma quanto à segurança da edificação, já que tais requisitos contemplam, além da segurança estrutural no uso e operação, também a segurança contra o fogo, em que a edificação deve receber um tratamento global, merecendo um estudo mais amplo e detalhado.

É importante salientar que a proposta da pesquisa não objetiva a elaboração de um texto normativo, mas de orientação para a elaboração de recomendações quanto ao desempenho da edificação em madeira de plantios florestais, não sendo estabelecidos critérios de avaliação.

Cabe lembrar que a presente dissertação pretende utilizar os requisitos apresentados no projeto de norma da ABNT, durante o *levantamento técnico* das edificações na Avaliação Pós-Ocupação dos estudos de caso que serão apresentados no Capítulo 5º. Esse levantamento técnico irá fornecer informações de cunho qualitativo que servirão, juntamente com a revisão

bibliográfica, para a elaboração de recomendações de projeto para edificações em madeira de plantios florestais, visando ao desempenho quanto à sustentabilidade dessas edificações.

2.5.1 Estanqueidade

Trata-se de uma exigência do *usuário* que dependerá de como a obra será concebida, do seu processo construtivo, que pode resultar em ligações inadequadas ou em incompatibilidade de componentes, até da sua manutenção, comprometendo tanto a estanqueidade à água quanto ao ar (SILVA, 2000).

Com relação a estanqueidade ao ar, as edificações devem limitar a permeabilidade ao ar das fachadas e coberturas, de modo a não provocar inconvenientes ao usuário, tais como: gerar correntes de ar, ocasionar variações térmicas, diminuir o isolamento acústico e reduzir o desempenho do sistema quanto à segurança contra incêndio, condensação e umidade (CRUZEIRO, 1998; MITIDIARI, 1998; SILVA, 2000).

Para a estanqueidade da edificação em madeira à água, é importante observar a estanqueidade dos elementos do edifício à água proveniente tanto das chuvas, quanto do solo (MITIDIARI, 1998; SILVA, 2000; ABNT, 20002). A umidade e a temperatura participam do processo de deterioração da madeira e determinam condições ideais para o desenvolvimento de organismos deterioradores, o que será visto de forma mais aprofundada no Capítulo 3º. desta dissertação. Por isso, é importante facilitar a saída e evaporação da umidade absorvida, criando detalhes construtivos que garantam principalmente, segundo (BITTENCOURT, 1995; CRUZEIRO, 1998; MITIDIARI, 1998; SILVA, 2000; ABNT, 20002):

- condições de escoamento da água;
- barreiras à ação da água;
- soluções para ligações entre elementos ou componentes, protegendo juntas;
- proteção impermeável ou hidrófuga na base das fachadas;
- proteção da união do beiral com a parede;
- presença de drenos ou pingadeiras no detalhamento das esquadrias, dentre outros.

A ABNT (2002) indica a análise de projetos e ensaios relacionados com as normas técnicas específicas de equipamentos e materiais, como tubos, torneiras e mantas asfálticas, como forma de avaliar as edificações quanto à sua estanqueidade.

2.5.2 Conforto higrotérmico

É importante considerar, segundo a ABNT (2002), que as condições de conforto térmico no interior da edificação no período de verão não devem ser piores que as do ambiente externo, à sombra. Da mesma forma, durante o inverno, o ambiente interno deve proporcionar aos seus ocupantes, devidamente vestidos, conforto térmico adequado.

Pela baixa condutibilidade térmica³ da madeira, as habitações que se utilizam desse material para as vedações, geralmente apresentam um bom desempenho térmico, o que pode ser um dos argumentos favoráveis ao seu uso. Porém, no Brasil, o conforto térmico da habitação em madeira é severamente criticado, mas isso se deve ao fato de que as edificações analisadas, geralmente, não são consideradas bons exemplos de soluções arquitetônicas e de técnicas construtivas em madeira (BITTENCOURT, 1995).

Para vedações externas em madeira do tipo *painéis duplas*, quando for necessária um maior isolamento térmico, esse pode ser obtido com a introdução de certos materiais isolantes térmicos entre as paredes, tais como: feltro, lã de vidro, lã de rocha, cortiça, isopor, espuma de poliestireno expandido, serragem, como pó de madeira, cavacos de madeira e cascas de árvore. Estes últimos, por serem considerados resíduos de serraria, são ótimas opções para utilização em edificações que visem à sustentabilidade. O ar seria o melhor isolante, mas, para não ter seu desempenho comprometido, é importante estar hermeticamente fechado, o que não é fácil de se conseguir (CARRASCO, 1998; SILVA, 2000; CARVALHO, 2002).

No entanto, pode-se dizer que o desempenho térmico de uma edificação está relacionado com o próprio desempenho térmico dos fechamentos verticais e horizontais, assim como a forma da edificação, localização e implantação da edificação, orientação solar, posicionamento das aberturas, dentre outros (BOGO, 2002). Para Vianna e Romero (2004), embora o fator *orientação/implantação* dos edifícios não seja o único a interferir diretamente nas condições

³ A condutibilidade térmica da madeira, ou seja, sua capacidade e a de seus derivados transmitir calor é da ordem de 0,12 a 0,29 W/(mK), enquanto para cerâmica a condutibilidade térmica está entre 0,70 a 1,50 W/(mK) e para o concreto de 1,40 a 1,75 w/(mK) (SILVA, 2000).

de conforto, este se apresenta como um dos principais, pois define de imediato a quantidade de radiação incidente em cada uma das fachadas.

Para o desenvolvimento de projeto de habitações, ainda se recomenda a priorização do isolamento térmico nas coberturas, por estas possuírem a maior área de superfície submetida à radiação solar e, por meio delas, a habitação apresentar os maiores ganhos de calor. Assim, é sempre interessante a especificação de um material com propriedades térmicas que possa ser colocado ou abaixo dos caibros, no caso de forros inclinados, ou imediatamente acima do forro, quando este for horizontal (SILVA, 2000).

O projeto de norma da ABNT (1998) “Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social” - parte 3 - elabora algumas estratégias de condicionamento térmico passivo recomendadas para o clima específico de cada região em que a edificação for inserida. Esse projeto de norma traz uma relação de cidades cujos climas foram classificados neste zoneamento.

Para o Estado do Espírito Santo, local onde foi realizada a pesquisa, estão citadas algumas cidades, dentre elas, Linhares, uma das cidades em que está situado um dos estudos de caso da presente pesquisa. Para a zona bioclimática de Linhares, o projeto de norma prevê, como estratégia de condicionamento passivo, a ventilação cruzada permanente, podendo ser adotadas as seguintes ações voltadas na fase de projeto para um bom desempenho térmico da edificação:

- a forma, orientação e a implantação da edificação, além da correta orientação das superfícies envidraçadas, podem contribuir para otimizar o seu aquecimento no período frio pela incidência de radiação solar;
- a especificação da cor externa dos componentes também desempenha papel importante no aquecimento dos ambientes com o aproveitamento de energia solar;
- a adoção de paredes internas pesadas pode contribuir para manter o interior da edificação aquecido;
- as sensações térmicas são melhoradas com a desumidificação dos ambientes. Essa estratégia pode ser obtida com a renovação do ar interno pelo ar externo, com a ventilação dos ambientes;

- algumas medidas, como a adoção de paredes internas ou externas e coberturas com maior massa térmica, podem colaborar para temperaturas internas mais agradáveis, de forma que o calor armazenado em seu interior durante o dia seja devolvido ao exterior durante a noite, quando as temperaturas externas diminuem;
- a ventilação cruzada é obtida pela circulação de ar entre os ambientes da edificação. Sendo assim, o ambiente que tenha janelas em apenas uma das fachadas necessita que a porta seja mantida aberta para permitir a ventilação cruzada. Deve-se estar atento também aos ventos predominantes da região ao entorno, pois este pode alterar significativamente a direção dos ventos.

2.5.3 Conforto acústico

Para a ABNT (2002), a edificação deve apresentar isolamento acústico adequado de suas vedações externas e entre ambientes a fim de propiciar o descanso, atividades intelectuais, lazer doméstico e privacidade em qualquer cômodo, no que se refere aos ruídos provenientes do exterior e interior da edificação.

O isolamento acústico é o processo pelo qual se procura evitar a penetração ou saída, de som ou ruído de um determinado recinto. Para isso, faz-se necessária uma proteção da edificação contra ruídos ou sons aéreos e ruídos ou sons de impacto (CRUZEIRO, 1998; SILVA, 2000).

Na habitação em madeira, muitas vezes detalhes de projeto que garantem estanqueidade e isolamento térmico à edificação conferem um bom isolamento acústico. Abaixo estão descritas algumas ações voltadas para a fase do projeto que garantem à edificação bom isolamento acústico externo:

- garantir a estanqueidade ao ar da edificação;
- diminuir as aberturas nas fachadas voltadas para as fontes de ruídos;
- utilizar materiais adequados, capazes de permitir a necessária impermeabilidade acústica;
- utilizar esquadrias adequadas e soluções construtivas, como varandas, muros, entre outros, ou recursos paisagísticos, como vegetação, elevação de terreno, que podem colaborar com a redução de ruído;
- localizar os ambientes de serviços (cozinha, lavanderia, banheiro, entre outros) nas áreas de maior intensidade de ruído.

Da mesma forma, estão descritas algumas ações voltadas para a fase de projeto que garantem à edificação bom isolamento acústico interno:

- não justapor paredes hidráulicas de banheiros aos dormitórios;
- evitar localizar principalmente os ambientes de repouso ao lado de cozinhas e áreas de serviço;
- isolar os pisos em ambientes de repouso;
- separar com portas os ambientes comuns dos de repouso;
- utilizar materiais isolantes, se necessário, ou criar paredes duplas com estruturas autônomas separadas por uma camada de ar, mas não permitindo que esta se torne uma caixa de ressonância, utilizando camadas de isolantes minerais (areia, entre outros) (BITTENCOURT, 1995; CRUZEIRO, 1998; SILVA, 2000).

É importante ressaltar que os ruídos mais comuns são provocados por deslocamentos de objetos e por impactos acidentais produzidos pela queda destes. Uma solução para amenizar esse problema é a utilização de revestimentos de pisos leves ou absorventes acústicos, como carpetes, pisos de borracha, entre outros (BITTENCOURT, 1995).

2.5.4 Conforto lumínico

Não deve existir preocupação somente com o consumo de energia durante o processo de produção de edifícios, mas também durante a fase de uso/operação. O consumo de energia durante a fase de uso das edificações, operação de equipamentos e condicionamento ambiental, pode ser até mais importante que o consumo da fase de produção (JOHN, 2000).

A edificação deve estar provida de iluminação natural para que não somente possam ser realizadas atividades normais no interior de uma habitação, como cozinhar, ler, estudar, etc., mas também para a racionalização do consumo de energia elétrica para iluminação artificial da edificação.

Estima-se que, no Brasil, as edificações são responsáveis por 42% do consumo de energia elétrica, sendo 17% destinados à iluminação, inclusive pública, ou seja, quase metade da energia consumida no país (JOHN, 2000).

Portanto, o conforto lumínico de uma edificação, assim como o conforto térmico já mencionado, também está diretamente ligado à sua eficiência energética. A respeito disso, é

necessária uma atenção especial ao sistema de vedação da edificação. A utilização de vidros na fachada deve ser cuidadosamente analisada em função da orientação e exposição solar, que devem aproveitar a utilização de iluminação natural, sem comprometer o conforto térmico da edificação.

2.5.5 Saúde, higiene e qualidade do ar

Além da poluição do ar externo, a construção civil é responsável pela criação de ambientes internos poluídos, que são causados por compostos orgânicos voláteis, microorganismos patogênicos, poeira, partículas e fibras, radônio. Esses produtos são geralmente liberados por materiais empregados na construção, pelo solo, por atividades relacionadas com o uso e operação de equipamentos ou por produtos de limpeza (JOHN, 2000).

Em se tratando de manutenção, os elementos, componentes e instalações das edificações devem facilitar os procedimentos de conservação e limpeza para o não comprometimento da saúde do *usuário*. Para isso deve-se garantir o acesso para manutenção de todas as partes expostas de componentes ou elementos, como pisos, caixilhos, telhados, entre outros (ABNT, 2002).

Para o planejamento de edificações, é necessário que se observe o local de implantação da obra, assim como as condições de vizinhança e das características próprias do edifício, obedecendo a resoluções e normas técnicas expedidas pela Agência Nacional de Vigilância Sanitárias, relativas à contaminação do ar interno por microorganismos, dióxidos de carbono e aerodispersóides totais. Para isso, as condições de umidade e temperatura no interior da edificação, bem como a natureza dos materiais empregados na sua construção não devem favorecer a proliferação de microorganismos (ABNT, 2002).

Portanto, o nível de poluição interna à edificação deve ser controlado com a seleção de materiais, pelas taxas de ventilação e pelas atividades de limpeza e assepsia, particularmente dos sistemas de ar-condicionado e ventilação.

No caso de construções em madeira, por ser um material sujeito à deterioração, deve-se estar atento à utilização de pesticidas e inseticidas que possam ser utilizados para o tratamento preservativo ou mesmo curativo da edificação. O tratamento preservativo pode ser substituído, algumas vezes, por detalhes em projeto ou indicações específicas de uso em locais que

realmente necessários e, para o tratamento curativo, é necessário o isolamento da área, impedindo o contato do ser humano com qualquer tipo de material tóxico (KRONKA, 2001).

2.5.6 Funcionalidade e acessibilidade

Conforme o projeto de norma de desempenho de edifícios habitacionais de até cinco pavimentos da ABNT (2002), a edificação habitacional deve apresentar adequada organização dos cômodos e dimensões compatíveis com as necessidades humanas, tais como: dormir, estar, cozinhar, alimentar, fazer higiene pessoal, lavar, secar e passar roupas, brincar, estudar, costurar e guardar objetos diversos. Além disso, é importante proporcionar a acessibilidade de pessoas portadoras de deficiência física à edificação e possibilitar sua ampliação sem maiores transtornos, recorrendo-se apenas a recursos regionais relativos a material de construção e à mão-de-obra.

Com relação à adequação dos espaços de uma edificação, é importante ressaltar que muitas das propostas construtivas têm sido guiadas pelo custo, pois, para a maioria da população, as condições financeiras não permitem a aquisição de uma habitação que atenda, desde o princípio, todas as necessidades e sonhos. Apesar do custo ser um fator importante a ser considerado, a solução observada para a resolução desse problema tem sido, em sua maioria, pela redução de qualidade, tanto pelo material como pela limitação da área construída, o que resulta em espaços totalmente compartimentados que prejudicam a qualidade funcional (INO, 1992).

Portanto, a flexibilidade dos espaços é um ponto importante que atende ao conceito de “*evolutividade construtiva*”, no qual é fornecida ao proprietário da edificação a possibilidade de completar, acabar ou ampliar a sua construção. Nesse contexto, é importante citar que a flexibilidade técnico construtiva da madeira é inegável, considerando o princípio de dissociação dos componentes construtivos em madeira, que tornam o sistema leve e flexível. Esta aptidão construtiva confere a esses sistemas a facilidade de serem modificados, dando-lhes a capacidade de evoluir formalmente (BITTENCOURT, 1995).

Para isso, um projeto de uma edificação em madeira bem detalhado, ou seja, especificando-se todos os detalhes construtivos necessários para ligação/continuidade das paredes, pisos, coberturas e instalações, colabora com informação técnico-construtivas para uma possível ampliação do espaço da edificação. Medidas de projeto, como a utilização de rampas,

elevadores, adequação de sanitários e utilização de símbolos ou cores que facilitem a utilização ou compreensão de pessoas portadoras de alguma deficiência física ou mental, são imprescindíveis para garantir a acessibilidade à edificação (PRADO, 2004).

Outra questão importante a ser observada é a acessibilidade ao ambiente construído, que pode ser definida como a possibilidade de uso e acesso a todos os espaços, um edifício, sala de aula, apartamento, calçada, etc. Assim, o uso ou acesso a qualquer espaço não deve ser limitado a um grupo de pessoas, mas ampliados à sociedade, no sentido mais abrangente do termo (MONNERAT, 2004). Ou seja, o importante é projetar percursos totalmente acessíveis e bem sinalizados para que qualquer pessoa tenha condições de utilizar equipamentos públicos ou de acesso público.

Monteiro (2005) desenvolveu uma pesquisa recentemente a respeito de acessibilidade física ao meio edificado do campus universitário da UFES, na qual são discutidas diretrizes de projeto e propostas algumas ações para orientação de reformas e de projetos de edificações futuras.

2.5.7 Conforto tátil e antropodinâmico

O conforto tátil é caracterizado pelo atendimento das necessidades à umidade, eletricidade estática, a rugosidade e temperatura das superfícies, ou seja, os elementos ou componentes de uma edificação não devem apresentar rugosidade, depressão, umidade ou irregularidade que promovam desconforto tátil ou que prejudique as atividades normais dos usuários da edificação (ABNT, 2002).

Com relação à resistividade da madeira, pode-se dizer que esta decresce rapidamente com o aumento de umidade contida em seu interior. A madeira é um isolante suficiente para instalações e equipamentos de baixa tensão, porém é importante lembrar que a umidificação pode prejudicar sua eficácia e ela se tornar condutora, como a maioria dos materiais que contêm sais minerais, daí a conveniência de pintura e envernizamento das peças como proteção adequada (PETRUCCI, 1978; BAUER, 1994).

2.5.8 Durabilidade

A durabilidade é definida pela ABNT (2002) como a manutenção da capacidade funcional da edificação, quando submetida a intervenções periódicas de manutenção e conservação, segundo instruções específicas do fornecedor, durante toda a vida útil de projeto.

Entretanto, é muito importante também, para garantir a durabilidade de uma edificação, que o usuário tenha suas necessidades atendidas. A demolição e/ou mudança de sistema construtivo representa o fim da vida útil do edifício independentemente da obsolescência física do edifício, representando, portanto, menor durabilidade e prejuízos econômicos aos usuários (ARAKAKI, 2000). Assim sendo, para melhor atingir a durabilidade de uma construção, é interessante observar tanto as manifestações patológicas assim como as funcionais da edificação. Além da preocupação com os agentes de deterioração⁴ e das condições de exposição do edifício, é necessário projetar uma construção flexível que possa acompanhar as mudanças de necessidades dos usuários ao longo do tempo de uso da edificação.

Para avaliar a durabilidade de um produto ou edifício, deve-se levar em conta os efeitos de danos físicos por cargas mecânicas e do intemperismo, flexibilidade da construção, além de considerar os demais aspectos que podem provocar alterações na capacidade de atendimento às demais exigências dos usuários, por exemplo, detalhes de projeto, procedimentos de instalação, atividades de manutenção, desgaste por uso, deslocamentos da superestrutura, que podem afetar o desempenho.

Dessa forma, a redução de desempenho inicial do sistema construtivo pode ser controlada com medidas de projeto juntamente com operações de manutenção durante a vida útil da construção. Essas atividades tendem a ser repetitivas e cíclicas, o que justifica a criação de um programa de manutenção que permita a otimização dos recursos físicos e financeiros (CREMONINI, 1988).

Para melhor compreensão sobre as definições do tempo de vida de uma construção, é interessante entender a diferença entre vida útil, vida útil de projeto, vida útil residual, vida total.

A vida útil de projeto é o período estimado de tempo em que o componente, elemento, instalação ou sistema construtivo atende a todos os critérios previstos pela norma, com o nível

⁴ No caso da madeira, a deterioração pode ocorrer devido à ação de agentes físicos, químicos e biológicos (MONTANA QUÍMICA, 2000).

de desempenho informado pelo fornecedor. Entretanto, para isso, é necessário cumprir um programa de manutenção estabelecido por ele. A ABNT (2002) estima a vida útil de projeto e o prazo de garantia para alguns elementos e componentes, conforme apresentado no Quadro 2.7.

A vida útil residual é o período de tempo, após a vida útil de projeto, em que o componente, elemento, instalação ou sistema construtivo atende a todos os critérios previstos por norma, com o respectivo desempenho informado pelo fornecedor, devendo cumprir o programa de manutenção por ele especificado para garantir tal desempenho.

Elementos, componentes e instalações	Vida útil de projeto (anos) para os níveis de desempenho			Prazo de garantia (anos)
	M*	S**	E***	
Fundações, estrutura principal, estruturas periféricas (garagens, áreas comuns, entre outros), arrimos e outros elementos comprometidos com a segurança e estabilidade global da construção	≥ 25	≥ 35	≥ 50	≥ 5
Paredes de vedação e estruturas auxiliares (reservatórios de água com capacidade superior a 3.000l, estruturas de cobertura, escadarias internas ou externas, guarda-corpos e outros elementos relacionados com a funcionalidade da obra e a segurança pessoal dos ocupantes)	≥ 15	≥ 20	≥ 30	≥ 5
Muros de divisa, gradis, abrigos, telhados, revestimentos pétreos de pisos (argamassa, concreto, rocha, cerâmica ou similares), revestimentos de piso em madeira natural ou reconstituída, revestimentos de paredes e tetos, instalações (tubos, conexões, registros, eletrodutos, fios e cabos elétricos, postes, caixas de entrada, caixas de derivação ou passagem, componentes dos sistemas de pára-raios, reservatórios de água com capacidade inferior a 3000l)	≥ 10	≥ 15	≥ 20	≥ 3
Portas, janelas, portas-balcão, forros, sistemas de impermeabilização, aquecedores de passagem ou acumulação, tanques de lavar-roupa, cubas e tampos de pia, revestimentos de piso em materiais têxteis ou plásticos	≥ 8	≥ 10	≥ 12	≥ 1
Fechaduras e ferragens em geral, componentes das instalações (torneiras, torneiras de bóia, chaves, disjuntores, tomadas, interruptores, bocais de lâmpada)	≥ 6	≥ 8	≥ 10	≥ 1
Pinturas, selantes, componentes de juntas	≥ 3	≥ 4	≥ 5	≥ 1

* Condição para atendimento de exigências mínimas do usuário. Obrigatoriamente atendidas

** Excede ao nível mínimo, mas não é obrigatório

*** Nível de desempenho elevado, acima do nível S e não é obrigatório

QUADRO 2. 7: Vida útil de projeto para os diferentes elementos e componentes da construção habitacional

Fonte: ABNT (2002)

Nesse sentido, a vida útil corresponde ao período de tempo durante o qual o produto pode ser utilizado sob condições satisfatórias de segurança, saúde e higiene. É definida pelo somatório das vidas útil de projeto e residual, a partir de um conhecimento dos agentes agressivos, dos diferentes processos degenerativos e das características físicas do produto (ABNT, 2002).

O conceito de vida útil aplicado a construções ainda se subdivide em duas classificações: vida útil estrutural e não estrutural. Os componentes dos edifícios classificados em estruturais são aqueles de difícil substituição ou economicamente inviável e os não estruturais são aqueles

que podem ser substituídos com grau de facilidade maior ou menor, conforme detalhes de projeto (JOHN, 1988). Dessa forma, a vida útil dos componentes estruturais determina a vida útil dos edifícios e a dos componentes não estruturais determina o perfil de manutenção do edifício, ou seja, em que época será necessária a substituição desses componentes e a que custos (JOHN, 1988). Sendo assim, aceita-se ainda que a vida útil de certos componentes não estruturais, os acabamentos e, em alguns casos, instalações, possa ser menor que o da edificação como um todo (IPT, 2000).

Portanto, para construções feitas em madeira, o projeto deve maximizar a durabilidade da peças estruturais e de difícil reposição. A facilidade de desmontagem e remontagem apresentada pela maior parte dos sistemas construtivos em madeira favorece as condições de manutenção da construção.

E, finalmente, a vida útil total, que corresponde ao período de tempo que compreende a vida de projeto, a vida útil residual e uma sobrevida, que inicia com a possibilidade de que os níveis de segurança comecem a ser perigosamente afetados, conforme pode ser observado na Figura 2.2. (ABNT, 2002).

Conforme observado na Figura 2.2, as manutenções estratégicas podem prolongar a vida útil total da construção. Nesse sentido, é importante que o fabricante do produto ou sistema construtivo especifique as condições de manutenção, como o processo e a frequência de manutenção, assim como a especificação e a quantidade de materiais necessários para cada tipo de utilização possível e de local de implantação.

No entanto, é importante observar que a vida útil física de uma construção pode não ser decorrência de um processo de deterioração, mas de fenômenos econômico-sociais. É o caso quando ocorre a obsolescência da tecnologia aplicada na construção ou uma elevação do nível de exigência do *usuário* que acarretam a diminuição da vida útil prevista para determinado componente (JOHN, 1988).

No caso de construções em madeira, a flexibilidade da construção e a facilidade de desmontagem e remontagem já citadas favorecem a adaptação a novas exigências dos usuários. Por outro lado, a maior desvantagem de sua utilização está relacionada com o uso de produtos preservativos que asseguram a durabilidade da madeira, porém comprometem a adequação ambiental do material, devido ao alto grau de toxicidade.

Para a avaliação de durabilidade, é importante saber que são envolvidos, mais que nos demais requisitos de desempenho, aspectos que são de difícil determinação. Os fatores de deterioração que vão atuar durante a vida útil da edificação variam consideravelmente de um produto para outro e se alteram ao longo do tempo. Além do mais, esses produtos são expostos não a agentes isolados, mas à combinação de agentes cuja influência não é geralmente igual à soma das influências dos agentes tomados separadamente (IPT, 1998).

Segundo JOHN (1988), existem três procedimentos básicos para se avaliar a durabilidade:

- ensaios de envelhecimento natural, com a exposição dos corpos-de-prova à atmosfera e com sua deterioração monitorada;
- ensaios de envelhecimento acelerado, com a exposição dos corpos-de-prova a agentes mais agressivos dos que os observados em uso, com o objetivo de acelerar o processo de deterioração;
- inspeções em campo que consistam na observação de materiais e componentes em uso, com ou sem a utilização de equipamentos (usando os sentidos humanos).

É, de certa forma, complicado determinar quais fatores de deterioração atuam durante a vida útil de uma edificação durante um ensaio laboratorial. Os produtos são expostos a uma combinação de agentes, cuja influência não é geralmente igual à soma das influências dos agentes tomados separadamente, pois variam de uma situação para outra e podem se alterar com o tempo. Então, não é economicamente viável realizar todos os ensaios que corresponderiam às combinações identificadas, sendo necessário simplificá-los. Sendo assim, esses ensaios acabam não correspondendo à situação da vida útil real do produto, tendo seu significado limitado (IPT, 1998). Entretanto, para materiais e componentes novos, os ensaios acelerados são a única opção para uma avaliação rápida de durabilidade (JOHN, 1988).

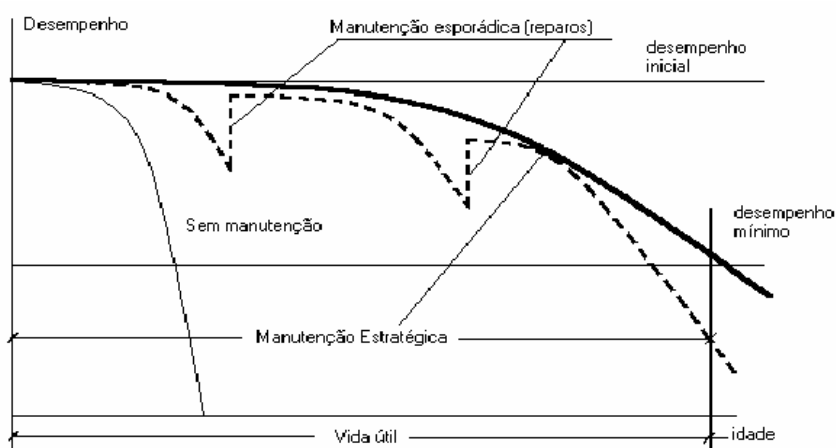


Figura 2. 2: Influência da manutenção estratégica e esporádica no desempenho e vida útil das edificações
Fonte: COSTA JUNIOR (2001)

Por outro lado, a inspeção em campo, que pode ser realizada diretamente com o usuário ou técnico que o representa, leva a resultados qualitativos que podem ser expressos em termos numéricos a partir da adoção de escalas de valor (ARAKAKI, 2000). Essa avaliação considera a ação simultânea de todos os fatores de deterioração, inclusive os fatores de uso (manutenção, instalação, desgaste por uso...) que são, de maneira geral, difíceis de serem simulados e não são incluídos nas demais metodologias. No entanto, a questão central é saber se uma inspeção, sem a utilização de equipamentos, pode monitorar o grau de deterioração do produto (JOHN, 1988; IPT, 1998).

Para a avaliação de durabilidade, a ABNT (2002) indica a análise de projetos, ensaios relacionados em normas específicas (portas, janelas, entre outros) e ensaios acelerados como métodos de avaliação de durabilidade de uma edificação. Indica também que, para a avaliação dos materiais, podem ser tomados como referência os critérios estabelecidos no item referente à durabilidade, Apêndices I a VI do documento “Critérios mínimos de desempenho para habitações térreas de interesse social” (IPT, 1998), complementados com critérios decorrente de normas técnicas brasileiras em vigor.

2.5.9 Adequação ambiental

Para a adequação ambiental de uma construção, a qualidade, ou seja, o desempenho é diretamente proporcional ao grau de conforto dado ao usuário. Isso significa que, para garantir o desempenho de uma construção em relação à sua adequação ambiental, deve ser dada

atenção às exigências de conforto e saúde do *usuário*. Outro aspecto importante é a atenção dada à implantação da construção, pois devem ser evitadas situações que possam repercutir em: desconfinamento do solo, deslizamento de taludes, enchentes, erosões, assoreamento de vales ou cursos d'água, lançamento de esgoto a céu aberto, contaminação do solo ou da água por efluentes ou substâncias empregadas na construção, contaminação do solo com entulho ou rejeitos, contaminação do ar com aerodispersóides e outros riscos similares (ABNT, 2002).

Sendo assim, no que diz respeito à implantação da construção, os princípios de projeto ambientalmente amigáveis solicitam uma mínima intervenção no terreno onde o edifício será construído. Essa preocupação deve existir tanto durante a construção, quanto após o edifício ser construído (NGOWI, 2001). Por isso, essa medida inclui também a possibilidade de renovação e revitalização de edifícios antigos, minimizando intervenções no local da construção (ENVIROMENTAL BUILDING NEWS, 1998; KRONKA, 2001).

Outra medida a ser observada ao se projetar comunidades é a integração desta com a vizinhança, estimulando a variedade de usos na área estabelecida em projeto, para que esta não se restrinja somente a residências, mas também a comércios e serviços. Dessa forma, minimiza-se a utilização de automóveis no transporte de pessoas, diminuindo o tamanho das vias de comunicação (ENVIROMENTAL BUILDING NEWS, 1995; KRONKA, 2001).

A área de projeto deve ser valorizada com a utilização de vegetação, áreas de lazer, além de ser responsável pelo manejo da água, por meio de um paisagismo que propicie drenagem e aproveitamento de águas de chuvas, com existência de áreas pavimentadas somente quando necessário (ENVIROMENTAL BUILDING NEWS, 1998; KRONKA, 2001).

No que tange à adequação ambiental de materiais de construção utilizados em determinada edificação, é importante o conhecimento de todas as etapas do seu processo de produção, compreendida neste estudo como todas as etapas de transformação do material, incluindo o seu uso e descarte. A maioria das metodologias de análise de impactos ambientais relacionados com uma edificação baseia-se no conceito de análise do ciclo de vida. Esse tipo de análise, já mencionada, caracteriza-se principalmente por analisar um produto do berço ao túmulo (*cradle-to-grave*), ou seja, da concepção, passando pelo projeto, construção, utilização, manutenção, recuperação e até sua disposição final, pois todos os estágios de vida de um produto podem gerar impactos ambientais e devem ser analisados (SPERB, 2000).

Para a redução do consumo energético do edifício, a predileção por cores claras, tanto na fachada como no telhado, resultam num menor consumo de refrigeração para o condicionamento térmico do edifício, considerando que cores claras absorvem menos calor que cores escuras (GOTTFRIED, 2000).

Uma alternativa de energia a ser utilizada durante a fase de uso do edifício é a obtenção de energias renováveis, tais como: uso de sistemas para aquecimento de água, para iluminação e energia fotovoltaicas, com a prévia observação da orientação mais adequada (KRONKA, 2001).

É também interessante a utilização de materiais duráveis, evitando a manutenção mais freqüente e um conseqüente maior consumo de energia, além de que o processo de manutenção contribui para o acúmulo de lixo no decorrer da vida útil das edificações (ENVIROMENTAL BUILDING NEWS, 1998; KRONKA, 2001).

Outra medida adotada de adequação ambiental, no que se refere a materiais de construção, é a valorização do uso de materiais com baixa energia incorporada no seu processo de transformação. E isso inclui também a escolha por materiais encontrados na região, materiais provenientes de processos de reciclagem, que diminuem os gastos e energia com transporte (ENVIROMENTAL BUILDING NEWS, 1998; GOTTFRIED, 2000; KRONKA, 2001).

Nesse caso, a madeira surge como boa opção dentre os materiais de construção existentes, já que há possibilidade de reutilização e reciclagem do material, no final do processo de produção ou mesmo em cada uma das etapas da cadeia produtiva, como poderá ser observado no Capítulo 3º mais detalhadamente.

Além disso, é vedado o emprego de materiais, componentes ou instalações cuja produção, incluindo processo de extração e beneficiamento de matérias-primas, se contraponha a qualquer norma, regulamentação ou legislação ambiental (ABNT, 2002). No caso de edificações em madeira de reflorestamento, é importante estar atento às regulamentações ambientais que restringem a utilização de certos produtos utilizados no tratamento preservativo e curativo de seus componentes.

Também é relevante a adequação ambiental da construção que, no projeto de edifícios, sejam adotadas soluções que minimizem o consumo de água em equipamentos domésticos, reduzindo a demanda de água da rede pública de abastecimento e o volume conduzido para

tratamento. Tais medidas não devem reduzir a satisfação do usuário ou aumentar a probabilidade de ocorrência de doenças (ABNT, 2002).

Para a avaliação dos impactos ambientais no Brasil, é necessário o desenvolvimento de um Estudo de Impacto Ambiental (EIA), instrumento regido pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) (001/86) por meio da Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA) (instituída pela Lei 6938/81) (DACANAL, 2003).

No que tange à construção civil, estudos de ciclo de vida têm sido desenvolvidos pela Universidade Estadual de Campinas, Universidade de São Paulo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Universidade de Pernambuco e Universidade Federal do Espírito Santo. A Universidade Federal de Santa Catarina possui um centro consolidado de estudos em simulação computadorizada, eficiência energética e conservação de energia em edificações (SILVA, 2003, BAGATELLI, 2002).

Para avaliar a adequação ambiental, no que se refere à implantação de edificações, a ABNT (2002), utiliza como base a análise de projetos, dos materiais e dos processos construtivos, visando à sua inteira adequação às características do local da obra, às leis ambientais, portarias ou órgãos federais, estaduais ou municipais (CONAMA, Secretaria de Meio-Ambiente, etc.).

No que se refere à fabricação de materiais de construção, sua produção deve ser feita mediante exploração e consumo racionalizado de recursos naturais, com mínima deterioração ambiental e mínimo consumo de água, de energia e de matérias-primas. Para a avaliação, a ABNT (2002) indica a análise dos processos de extração de matérias-primas e produção dos materiais de construção, com pleno atendimento a leis ambientais, portarias e regulamentos de órgãos federais (DNPM, IBAMA, ANA, entre outros) ou estaduais (Secretarias de Meio-Ambiente, CETESB, entre outros).

2.5.10 Aspectos econômicos de manutenção

A seleção de materiais, sistemas, componentes, elementos, subsistemas e sistemas durante a fase de projeto ocorre, sobretudo, por meio de critérios econômicos, os quais, pela insuficiência de métodos adequados, não levam em conta a análise de custos ao longo da vida útil. Dessa forma, não é possível fazer escolhas que assegurem efetivamente o atendimento de necessidades de todos os envolvidos no processo, seja o *usuário*, seja o empreendedor,

sacrificando-se, em geral, o desempenho em uso do produto final em benefício de um custo inicial mais baixo (SILVA; ABIKO, 1996).

Sendo assim, o consumidor deve saber que, nem sempre, a alternativa mais econômica é, necessariamente, aquela de menor custo inicial. O *usuário* da construção deve considerar o custo global, que representa o custo em uso (custo de operação + custo de manutenção) + custo inicial (ou custo de compra) (JOHN, 1988). Além disso, soluções que buscam viabilizar a construção com o menor custo possível, na maioria das vezes, podem comprometer aspectos relevantes da habitação, como estética, condições de conforto ambiental, dentre outros.

Para isso, o projeto construtivo deve ser pensado para atender às exigências dos usuários, mas, também, deve ser otimizado o seu dimensionamento, já que, assim, diminuem-se os custos e o tempo na construção e operação (KRONKA, 2001). Devem ser também tomadas medidas de projeto que simplifiquem a sua geometria e, conseqüentemente, sua execução. Além disso, é imprescindível que sejam otimizados os recursos materiais, para a minimização de perdas durante o processo construtivo (SPENCE; MULLIGAN, 1995; KRONKA, 2001).

Portanto, é especialmente necessária a seleção tecno-construtiva juntamente com a avaliação de custos ao longo da vida útil (*LCC*),⁵ tendo em vista que os segmentos de mercado atendidos têm limitações significativas de ordem técnica e econômica para arcar com custos ao longo da vida útil. O usuário, por limitações econômicas, acaba por não ter condições de manter o desempenho da construção em níveis adequados, gerando deterioração precoce parcial ou integral na edificação. Outro aspecto a ser observado é a ausência de escolhas fundamentadas nas necessidades de economia ao longo da vida útil, como os custos decorrentes do excessivo consumo de energia ou de água, tendo em vista o baixo incentivo de fabricantes de materiais e componentes de introduzir inovações tecnológicas voltadas para esse aspecto (SILVA; ABIKO, 1996).

2.6 CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO

Neste capítulo, podem ser observadas algumas medidas que, se adotadas durante a fase de projeto, são extremamente importantes para assegurar a sustentabilidade da construção. No entanto, cuidados observados na fase de projeto devem prosseguir durante a construção e participarem da etapa de utilização.

⁵ *Life Cycle Cost* – Análise do custo ao longo do ciclo de vida, em português.

Na fase de projeto, é fundamental considerar aspectos ambientais do entorno e da gestão de recursos, principalmente de água e energia. A adoção de materiais que favoreçam a reutilização e reciclagem e com baixa energia incorporada durante o seu processamento também é importante. Nesse caso, a madeira, quando for disponível em regiões próximas à área de construção, surge como excelente alternativa, caso seja assegurada a sua durabilidade em projeto com a minimização do uso de produtos preservativos.

Porém, independentemente do material escolhido para ser utilizado na construção, é imprescindível a atenção dada à implantação da construção. Uma orientação solar bem estudada, um paisagismo eficiente e a adoção de um sistema construtivo adequado às características climáticas da região também respondem às necessidades ambientais da construção.

Para o atendimento das exigências dos *usuários*, contemplando a utilização de madeira de reflorestamento como principal componente construtivo, o principal obstáculo observado é a inserção de tais exigências em projetos de edificações. Isso, porque se sabe que profissionais da construção, geralmente, não desenvolvem satisfatoriamente o projeto executivo com detalhes construtivos que visem à melhoria de desempenho da edificação, principalmente no caso das edificações em madeira.

No entanto, o uso de preservativos químicos utilizados para garantir a durabilidade da edificação em madeira é, segundo pesquisadores, também o maior obstáculo para o alcance da sustentabilidade da construção, já que a madeira é um material que apresenta problemas quanto à deterioração e seu tratamento preservativo com produtos químicos compromete sua disposição final. Para isso, é necessário conhecer as etapas da cadeia produtiva da madeira para construção e garantir o controle de qualidade em cada etapa, restringindo o uso do tratamento preservativo para os casos em que este seja imprescindível.

No Capítulo 3º, será analisada a cadeia produtiva da madeira para construção, no qual poderão ser vistas algumas soluções para o controle de qualidade e para a introdução de medidas que visem à sustentabilidade da construção.

3.1 INTRODUÇÃO

A madeira proveniente de plantios florestais tem sido apontada por pesquisadores como um dos materiais mais adequados, do ponto de vista ambiental, para a utilização na construção civil. No entanto, necessita-se de mais pesquisas que avaliem o processo de fornecimento, a qualidade e impactos causados por esse material, quando produzido para utilização na construção. Ainda para viabilizar o uso da madeira de reflorestamento para construção civil, também é de suma importância o estudo dos sistemas construtivos em madeira mais adequados à tecnologia e mão-de-obra existentes no mercado nacional.

Dessa forma, o estudo dos processos¹ e dos sistemas construtivos² em madeira serve para que se possam difundir as técnicas e métodos mais eficientes, gerando menor quantidade de resíduos durante o processo construtivo, assim como compatibilizá-los com o grau de industrialização local.

Para a definição de um sistema construtivo mais eficiente, na fase de projeto, é importante também o conhecimento da cadeia produtiva do componente construtivo adotado, pois é grande a influência de cada um dos agentes intervenientes dessa cadeia na qualidade do produto final e no impacto ambiental gerado pela sua produção.

Portanto, neste capítulo, será discutida a classificação dos sistemas construtivos em madeira, abordando mais profundamente o sistema construtivo avaliado nos estudos de caso apresentados no Capítulo 5º, assim como todo seu processo de concepção, fabricação, montagem e uso, analisando a cadeia produtiva. Com base nos dados obtidos, pretende-se reunir informações que possam, em projeto, assegurar a sustentabilidade desse tipo de construção.

¹ Para a ABNT (2002), processo construtivo é um conjunto de métodos ou técnicas de produção de componentes, elementos ou sistemas construtivos. SABBATINI (1989) complementa afirmando que processo construtivo é um organizado e bem definido modo de se construir um edifício, sendo um conjunto de métodos utilizados na construção da estrutura e das vedações do edifício.

² Sistema construtivo é definido, segundo a ABNT (2002), como um conjunto de elementos e instalações harmoniosamente integrados, constituindo um todo que atenda ao programa de necessidade previamente estabelecido e que satisfaça as exigências dos usuários durante toda a vida útil de projeto prevista pela edificação.

3.2 SISTEMAS CONSTRUTIVOS EM MADEIRA

Para conhecer as possibilidades construtivas da madeira, é necessário conhecer os tipos de sistemas construtivos em madeira existentes. Com isso, pode-se escolher o sistema mais adequado ao nível de industrialização e mão-de-obra disponíveis.

Em se tratando dos sistemas construtivos em madeira, surgem diversos critérios de classificação que variam de acordo com cada país de origem. Esses critérios estão relacionados, geralmente, com a tradição construtiva do país e do estágio tecnológico do setor (ARRUDA, 2000).

Ino (1992) fez um levantamento amplo de literatura dos países com tradição construtiva em madeira, como Estados Unidos, Países Andinos (Acordo de Cartagena),³ Japão, Alemanha, França, para classificar os sistemas construtivos em madeira mais utilizados, conforme apresentado no Quadro 3.1.

Ino (1992) também resume as possibilidades construtivas em madeira existentes considerando a mistura de dois enfoques: a tipologia da estrutura resistente e o grau de industrialização. A pesquisadora, em outro estudo, classifica os sistemas construtivos em madeira em: *nervurados (baloon e platform frame)*; pilar-viga e painéis portantes.

Complementando a pesquisa realizada por Ino (1992), Bittencourt (1995) classifica as formas básicas de se construir em madeira, de acordo com a técnica utilizada durante a construção, conforme Quadro 3.2.

Como pôde ser observado, o critério utilizado por essas pesquisadoras é similar. No entanto, Bittencourt (1995) classifica os sistemas construtivos de acordo com a tipologia da estrutura resistente como Ino (1992) e acrescenta a classificação de acordo com a técnica utilizada. Desse modo, Bittencourt analisa tanto as tradicionais como as contemporâneas formas de construção em madeira.

Nota-se, então, que os critérios de classificação apresentam limites não muito definidos, dificultando o enquadramento dos exemplos existentes de construção dentro dessas classificações.

³ Manual editado pelo grupo andino JUNTA DEL ACUERDO DE CARTAGENA PADT-REFORT (1984).

Países		Sistemas Construtivos
Estados Unidos	Entramado	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Plataform frame</i> • <i>Balloon frame</i> • <i>Móbile homes</i>
Países Andinos	Enfoque estrutural	<ul style="list-style-type: none"> • Pilar e viga • Entramado Plataforma Global (<i>Balloon Frame</i>)
	Enfoque produtivo	<ul style="list-style-type: none"> • Não industrializado • Semi-industrializado • Industrializado
Japão		<ul style="list-style-type: none"> • Convencional Tradicional Tradicional simplificado <ul style="list-style-type: none"> • 2"x 4" (americano) • pré-fabricado Entramado Painéis e painéis modulares Paredes em madeira maciça
Alemanha	Ossatura em madeira	<ul style="list-style-type: none"> • Colombage Construção tradicional <ul style="list-style-type: none"> • Pilar e viga (peças simples) Viga contínua apoiada nos pilares 1 pavimento 2 pavimentos Pilar contínuo <ul style="list-style-type: none"> • Pilar e viga (peças múltiplas) Viga contínua (pilares abraçam a viga) Pilar contínuo (vigas abraçam o pilar) <ul style="list-style-type: none"> • Nervuradas Balloon frame Plataforma
	Construção em painéis	<ul style="list-style-type: none"> • Pequenos painéis portantes • Grandes painéis portantes • Elementos espaciais • Painéis não portantes
França	Grau de industrialização	<ul style="list-style-type: none"> • Pilar e viga • Ossatura <i>Balloon frame</i> Plataforma <ul style="list-style-type: none"> • Painéis estreitos Altura simples Altura dupla <ul style="list-style-type: none"> • Painéis largos • Módulo tridimensional

Quadro 3. 1: Classificação dos sistemas construtivos em madeira nos Estados Unidos, Países Andinos, Japão, Alemanha e França
Fonte: A partir de INO (1992)

Dentre as técnicas denominadas tradicionais, Bittencourt (1995) destaca duas, as quais são as construções em madeira maciça sobreposta e aquelas possuidoras de um entramado estrutural, tendo as vedações em diferentes materiais.

Já dentre as técnicas contemporâneas em madeira, Bittencourt (1995) classifica as construções em madeira em função da disposição construtiva, mas considera, também como Ino (1998), o

tratamento industrial dado ao elemento madeira, ou seja, o grau de industrialização da construção.

No item 3.2.1, será abordado mais profundamente o sistema construtivo em madeira maciça empilhada. Esta pesquisa dará ênfase ao seu desempenho quanto à sustentabilidade na forma de estudo de casos.

Técnicas tradicionais	<ul style="list-style-type: none"> • Construções sobrepostas de madeira maciça 	<ul style="list-style-type: none"> • Madeira roliça sobreposta
		<ul style="list-style-type: none"> • Pranchas sobrepostas
	<ul style="list-style-type: none"> • Construções com entramado estrutural em madeira, também chamada de “<i>colombage, enxaimel e taipa de mão</i>” 	<ul style="list-style-type: none"> • Possuem um entramado estrutural portante com vedação em tijolo, pedra ou barro
Técnicas contemporâneas	<ul style="list-style-type: none"> • Estruturas hierarquizadas 	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema pilar e viga

Quadro 3. 2: Classificação dos sistemas construtivos em madeira

Fonte: A partir de BITTENCOURT (1995)

3.2.1 As construções de madeira maciça sobrepostas

São as construções mais antigas e rústicas, freqüentemente construídas em países frios e em regiões montanhosas. Sua principal característica é o emprego da madeira maciça para função estrutural e vedação, conforme Figura 3.1. Seu maior inconveniente é o alto consumo de madeira, que, pela sua baixa condutibilidade térmica, favorece a sua utilização em climas frios (BITTENCOURT, 1995). Esse tipo de construção também é conhecido por apresentar maiores valores de resistência, inclusive ao fogo e bom isolamento acústico (PARTEL, 1999).

No entanto, as peças de madeira que compõem esse sistema requerem o mínimo de energia para seu processamento e, nos Estados Unidos, comparadas com o custo de outros materiais, como o aço e o concreto, são relativamente mais econômicas, sendo comumente utilizadas na construção civil (WOLFE, 2004).

Do ponto de vista da produção, essas construções podem apresentar diversos estágios de industrialização. Pode se encontrar a aplicação de técnicas tradicionais até processos semi-

industrializados. A principal evolução dessa técnica foi a substituição das peças roliças por pranchas ou vigas de madeira maciça (BITTENCOURT, 1995).

As edificações formadas por painéis compostos por toras sobrepostas são bastante difundidas nos Estados Unidos, como já mencionado, e também no Canadá e Finlândia, onde se encontra um grande número de indústrias produzindo diferentes tipologias para o mercado mundial. Na Finlândia, a maior demanda do mercado interno para esse sistema construtivo é de casas de campo. Para o mercado de exportação, predominam também as extensões residenciais que são populares e apreciadas pela mentalidade ecológica da população (PARTEL, 1999).

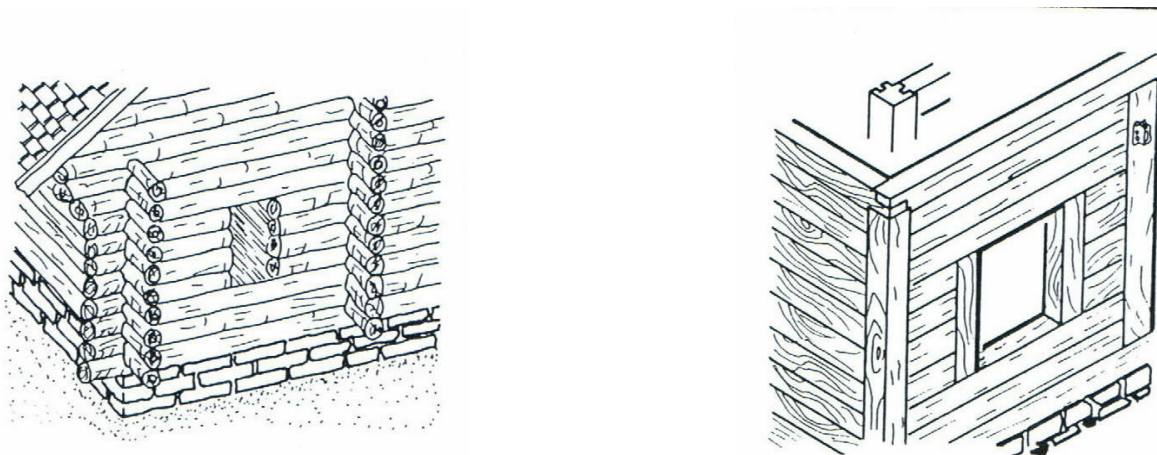


Figura 3. 1: Sistema construtivo de madeira maciça sobreposta (madeira roliça e madeira serrada).
Fonte: BITTENCOURT (1995)

Esse sistema é também bastante popular no Brasil e tem sido utilizado por algumas empresas e também pela própria população, em experiências de autoconstrução (ARRUDA, 2000b).

Existem diversas formas de ligação entre as peças de madeira. As superfícies verticais variam de acordo com a proposta estética do projeto e as horizontais exprimem preocupações estruturais e térmicas, conforme Figura 3.2 (WOLFE, 2004).

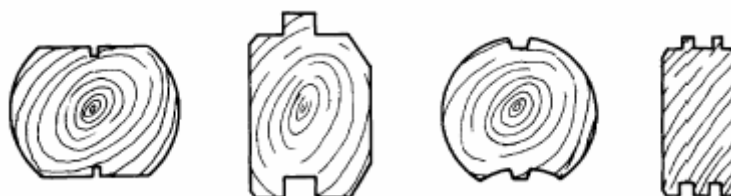


Figura 3. 2: Variação das formas de log mais utilizadas na construção
Fonte: WOLFE (2004)

Devido à instabilidade dimensional das paredes que compõem esse sistema, deve-se ter maior preocupação em projeto. Quando as paredes são erguidas, a umidade contida em uma tora é geralmente 20% do seu peso seco. Depois de alguns anos de uso e de exposição ao sol, a umidade contida será sempre menor que 15%, significando um grande assentamento da parede ocasionado pela retração da madeira. Esse fato pode complicar-se mais ainda, caso a parede não tenha carga imposta, pois esse assentamento pode ocorrer irregularmente e a parede pode não se comportar bem ao seu ajustamento. Por isso, a edificação em tora deve ser projetada de maneira que as paredes sempre estejam suportando um razoável montante de carga do telhado e todos os detalhes devem ser projetados de maneira a permitir o assentamento dessas cargas (PARTEL, 1999).

3.3 ANÁLISE DA CADEIA PRODUTIVA DE EUCALIPTO PARA CONSTRUÇÃO CIVIL

O conceito de cadeia de produtiva fornece uma estrutura bastante útil para a análise do processo de construção. Nesse processo, analisam-se todas as etapas que estão envolvidas na cadeia de produção de determinado sistema construtivo, desde a extração de sua matéria-prima até a eventual demolição da construção e disposição final de seus componentes, conforme Figura 3.3 (OFORI, 2000).

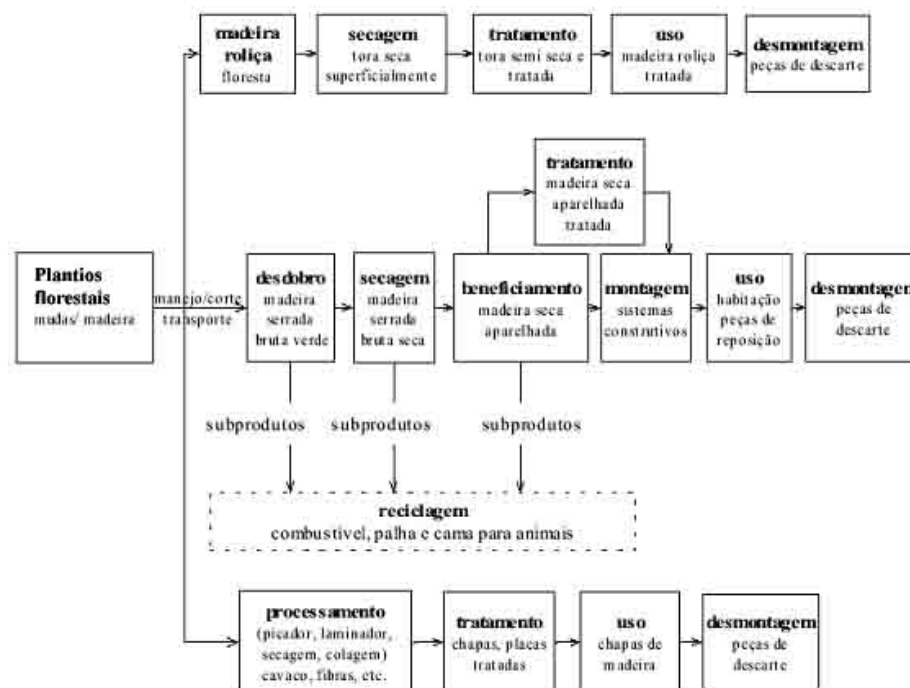


Figura 3. 3: Fluxograma geral do processamento da madeira roliça, serrada e outros derivados
Fonte: YUBA (2001)

Dessa forma, um estudo da cadeia produtiva possibilita a coleta de dados relacionados com os membros da cadeia produtiva e também com os demais participantes que intervêm na cadeia. O entendimento de tais relações possibilita a discussão sobre aspectos econômicos, políticos ou mesmo sociais que possam influenciar direta ou indiretamente a ocorrência de impactos ambientais no processo de produção dos materiais (YUBA, 2002).

Como existem diferenças no processamento de madeira serrada das duas principais espécies de reflorestamento utilizadas usualmente para produção de habitação, serão descritas as etapas de produção tratando especificamente do eucalipto, que é a madeira de reflorestamento mais utilizada para a construção na região do Espírito Santo.

Será considerado o processo de produção de madeira serrada de eucalipto para construção civil, desde a etapa de plantação florestal até sua disposição final, visto que são definidas, nessa fase, muitas das características do produto.

3.3.1 Plantio florestal do eucalipto

O plantio florestal do eucalipto corresponde à produção de mudas, preparo do solo e combate às formigas, plantação e manutenção adequadas, manejo de qualidade e corte para uma utilização final sem desperdícios (RAMPAZZO, 2000; YUBA, 2001).

Nessa etapa, é importante analisar sua adequação ambiental, já que o plantio de eucalipto em áreas extensas tem sido apontado como causador de alguns impactos ambientais (YUBA, 2001). Em se tratando desse aspecto, Lima (1996) descreve os principais problemas atribuídos ao eucalipto: alterações na biodiversidade, por ser uma espécie exótica; ocorrência de pragas; alterações climáticas; ressecamento do solo das plantações; erosão e esgotamento de nutrientes do solo. No entanto, esse autor defende a utilização do eucalipto em plantios florestais, citando exemplos para desmistificar o uso dessa espécie e comparando-a com outras culturas, concluindo que o controle se faz necessário independentemente do cultivo, uma vez que, em qualquer uma delas, há alteração da biodiversidade natural.

A acusação de esgotamento dos solos atribuída ao plantio do eucalipto é devido ao sistema de rotações curtas da colheita, que não leva em conta o planejamento de uma reposição nutricional do solo. Schumacher (2004) afirma que é de fundamental importância os estudos de ciclagem de nutrientes e monitoramento nutricional do solo e que estes devem ser implantados nas diferentes fases de manejo dos povoamentos para garantir a manutenção da produtividade dos sítios. Lima (1996) acrescenta que, apesar da demanda de nutrientes de

plantações de eucalipto de rápido crescimento ser alta, é muito menor que a demanda normalmente apresentada por outras culturas agrícolas.

Outro aspecto bastante discutido é a utilização de formicidas, herbicidas e agrotóxicos nos cultivos de espécies florestais. Rodigheri (1997) apresenta, em sua pesquisa, uma diminuição da utilização desses inseticidas e fungicidas, quando empregados em lavouras consorciadas com espécies florestais em substituição aos sistemas de monocultura. Esse mesmo autor também conclui que há maior rentabilidade econômica dos sistemas agroflorestais do que os de monocultura. Isso porque os últimos, apesar de demandarem mais tempo entre o plantio e a obtenção de retornos financeiros, viabilizam a produção simultânea de madeira e alimentos, racionalizam o uso do solo e da mão-de-obra, diminuem os riscos técnicos de produção, já que as atividades florestais/agroflorestais são menos vulneráveis aos riscos climáticos e aumentam o emprego e a renda da propriedade agrícola.

No Brasil, além da sua geografia favorecer o plantio florestal, as condições de luminosidade, fertilidade dos solos e regime de chuvas possibilitam aumentar a produção de 40m³ por hectare, que é a média brasileira por ano, para 75m³ por hectare por ano. Além disso, o Brasil já não dispõe de muitas florestas naturais remanescentes, sendo de real interesse que as plantações florestais pudessem atender à crescente demanda de madeira, aliviando a pressão sobre estas (LIMA, 1996).

3.3.2 Colheita e transporte

Geralmente, a colheita é feita pela própria empresa que gerencia o plantio ou por empresas contratadas e consiste na derrubada de árvores, retirada dos galhos e corte em comprimentos definidos. As toras são transportadas até a serraria para o desdobro e os resíduos sem valor comercial são deixados na própria floresta onde se decompõem (YUBA, 2001).

É durante essa etapa que os cuidados tomados no processo de manejo são adotados. Os procedimentos de manejo florestal adotados possibilitam a certificação florestal, se forem aplicados padrões que respeitem as condições socioeconômicas, ambientais e tecnológicas de cada país ou região (AZEVEDO, 2004).

A certificação florestal divide-se em duas categorias básicas: certificação de manejo (aplicada à floresta propriamente dita) e a certificação em cadeia de custódia. A certificação em cadeia de custódia é aplicada sobre o produto final, por ter sido processada a partir de matéria-prima originária de floresta certificada em pelo menos 70% do produto final (BULHÕES, 2002).

Atualmente, o sistema de certificação florestal mais reconhecido no mundo é o *Forest Stewardship Council* (FSC), uma organização não-governamental da qual fazem parte organizações sociais, representantes de povos indígenas, entidades ambientalistas, empresas e indivíduos em geral (AZEVEDO, 2004). O FSC tem por objetivo promover um bom manejo florestal, com base em princípios e critérios estabelecidos que garantem que o manejo das florestas seja ambientalmente apropriado, socialmente benéfico e economicamente viável (BUTZKE, 2002).

O FSC não emite certificados; ele é uma entidade que credencia certificadoras no mundo inteiro, garantindo que os certificados obedçam ao mesmo padrão de qualidade, independentemente do órgão certificador (BUTZKE, 2002). Por se tratar de um procedimento novo, não existem muitas experiências em nível comercial, dificultando o processo de certificação. No Brasil, até outubro de 2000, havia apenas uma operação de manejo florestal certificada na Amazônia (AZEVEDO, 2004).

Nas operações certificadas de manejo, consideram-se critérios como potencial de regeneração, mercado, volume, diâmetro mínimo, distribuição e exclusão das áreas de preservação permanente (AZEVEDO, 2004). Além disso, há preocupações com o controle da erosão, abertura de trilhas adequadas que facilitem a retirada da árvore da floresta, proteção dos recursos hídricos, com o corte planejado, visando a minimizar os danos às árvores remanescentes, e com os trabalhadores que devem ser contratados com todos os direitos, segundo a legislação e treinados intensivamente para executar funções com eficácia e segurança (YUBA, 2001; AZEVEDO, 2004).

Portanto, independente do tipo de madeira a ser explorada, é sempre importante a implantação de um sistema de manejo adequado àquela região, pois as conseqüências podem repercutir até mesmo sobre os aspectos econômicos. Yuba (2001) cita que é possível reduzir os custos com transporte, melhorando o rendimento de madeira serrada por tora com um controle rígido de qualidade da matéria-prima para redução de perdas ao longo de todo processo de produção.

Todavia, a maior parte das florestas plantadas no Brasil não são manejadas para fins de construção, dada a prioridade à indústria de papel e celulose. Uma conseqüência desse fato é a colheita de madeira em sua maioria apresentando defeitos, não sendo adequada para sua utilização em projetos de edificações (INO, 1998). Conseqüentemente, há uma redução de oferta de madeira no mercado e juntamente com a baixa participação do Governo em políticas no setor, estabelece um cenário crítico para a sustentabilidade (YUBA, 2003).

3.3.3 Desdobro

A etapa de desdobro, também chamada de processamento primário, compreende o corte da tora em pranchas com seções comerciais (ARAKAKI, 2000; YUBA, 2001). O processo é baseado no uso de equipamentos de serra (serra de fita, serra circular multilâminas, refiladora e reserra) (YUBA, 2001).

Nessa etapa, a qualidade da tora e sua adequação para uso em serraria influenciam o rendimento do processo e, conseqüentemente, a produção de resíduos (YUBA, 2003).

Ino (1998) afirma que o procedimento de corte pode ser feito em três planos: transversal, que é praticado perpendicularmente ao eixo principal do tronco; tangencial, quando corre paralelamente aos anéis de crescimento e à casca e perpendicular aos raios medulares; e radial, se for perpendicular aos anéis e se estender da medula até a casca. Na Figura 3.4, estão indicadas na tora as principais direções de corte.

É importante que se saiba que a posição do corte no tronco, assim como o formato da seção da peça influenciam de maneira decisiva nos efeitos de retração da peça de madeira (SANTANA, 1983). Nesse sentido, em busca de rendimento, qualidade do desdobro primário e com vistas à sustentabilidade dessa etapa, é necessário considerar suprimento e padrão de toras; utilização de máquinas e ferramentas adequadas, afiação/laminação eficientes, utilização intensiva da mão-de-obra local, treinamento e capacitação de todo o pessoal de produção, segurança e saúde no trabalho e reutilização máxima dos resíduos (RAMPAZZO, 2000).

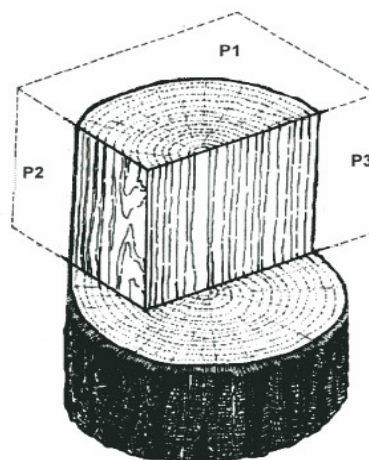


Figura 3. 4: Corte esquemático de uma tora e as suas partes
Fonte: MONTANA QUÍMICA (2000)

Os resíduos produzidos nesta etapa são chamados de serragem, costaneira, resíduos do refilamento e a casca propriamente dita. Tais resíduos, atualmente, alimentam as indústrias de produtos de madeira reconstituída que, com as restrições e encarecimento da madeira maciça, estão se expandindo cada vez mais no mercado de produtos de madeira (REVISTA DA MADEIRA, 2004). Em algumas serrarias que não têm consumidores para esses resíduos, são adotadas soluções, como a queima e a disposição irregular, que podem resultar em poluição do ar, solo e água (YUBA, 2001).

A produção de resíduos durante o processamento da madeira pode ser vista tanto como problema quanto como oportunidade de novo negócio, viabilizando a reciclagem da madeira para o desenvolvimento de novos produtos. No entanto, a clandestinidade das serrarias e as más condições de trabalho são questões a serem tratadas pelos princípios de desenvolvimento sustentável nessa etapa da cadeia produtiva (YUBA, 2003).

3.3.4 Secagem

Após o corte da árvore, o processo de perda de água da madeira ocorre em dois estágios: no primeiro, denominado de ponto de saturação das fibras (em torno de 30%), a madeira perde água livre existente no seu interior e, no segundo, a madeira perde lentamente água de impregnação buscando o equilíbrio com o ambiente local (ARAKAKI, 2000). É importante salientar que os defeitos decorrentes da fase de secagem atingem tanto a madeira serrada quanto a madeira roliça.

A correta execução da secagem tende a reduzir a sua suscetibilidade ao ataque de fungos e insetos, a diminuir os custos com transporte pela redução de seu peso, a melhorar suas propriedades mecânicas, sua trabalhabilidade e seu condicionamento ao ambiente de uso, evitando a ocorrência dos defeitos de secagem (PINHEIRO, 1998; YUBA, 2001; MONTANA QUÍMICA, 2000). No entanto, um processo inadequado de secagem, decorrente das diferenças entre a secagem superficial e interna da madeira, pode provocar sérios problemas de deformação nas peças (SANTANA, 1983; ELEOTÉRIO, 2004), conforme observado na Figura 3.5.

A madeira de eucalipto, por ser uma espécie de crescimento rápido e devido à sua estrutura anatômica desfavorável ao fluxo de fluidos, apresenta altos níveis de tensão de crescimento, que, durante a secagem, resultam em perdas de material decorrentes desse processo. A causa

dessa perda é a presença de nós, rachaduras, fendilhamentos e empenamentos na peça (CARRASCO, 1998b; YUBA, 2001).

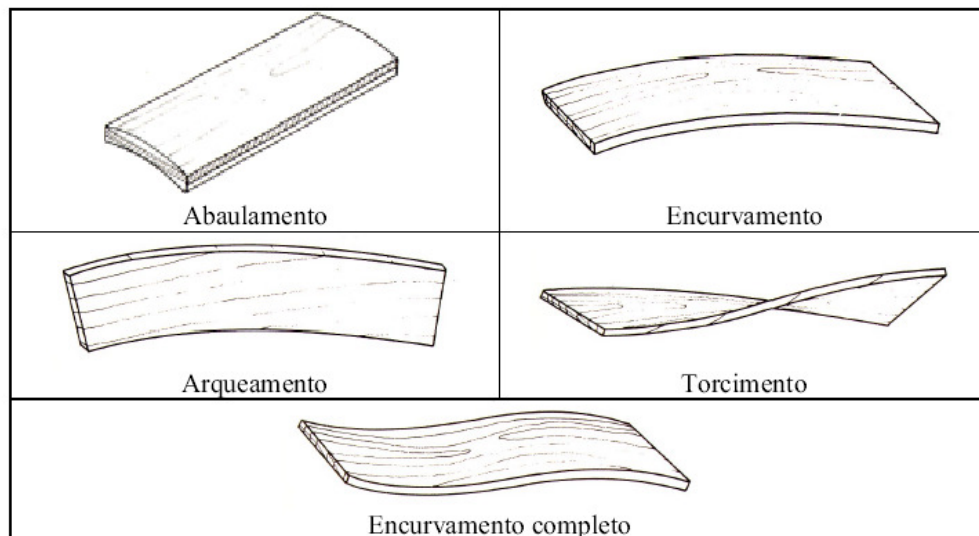


Figura 3. 5: Defeitos decorrentes da secagem inadequada

Fonte: MONTANA QUÍMICA (2000)

Existem duas formas básicas de secagem: a secagem natural, realizada ao ar livre, e a secagem artificial, feita em estufa. O processo de secagem ao ar livre pode durar até três meses, variando de acordo com as características climáticas de cada região. Por esse motivo, a secagem ao natural não pode ser controlada perfeitamente, no entanto apresenta vantagens consideráveis como:

- custo menor, pois não é necessário investir em equipamentos caros e consumo de energia;
- pode ser executada próximo ao local de extração ou de desdobro, proporcionando economia de transporte (MONTANA QUÍMICA, 2000).

Por outro lado, a secagem feita em estufa reduz o tempo do processo, que dura em média uma semana (YUBA, 2001). Geralmente, é utilizada quando se necessita um teor de umidade abaixo da umidade de equilíbrio, portanto, em casos especiais como:

- madeira para exportação (nos países onde a umidade relativa é menor);
- peças muito finas ou muito pequenas, quando é exigida a precisão de medidas e necessária a garantia de estabilidade da madeira (MONTANA QUÍMICA, 2000).

Carrasco (1998b) descreve em sua pesquisa os principais processos utilizados para secagem artificial do eucalipto:

- secagem convencional: processo mais utilizado, no entanto, para madeiras de difícil secagem, é aconselhável a pré-secagem ao ar ou, preferencialmente, em secadores;
- desumidificadores: alternativa tecnicamente adequada para a madeira de eucalipto, mas seu custo operacional pode inviabilizar a sua utilização;
- secagem a vácuo com aquecimento por radiofrequência: técnica promissora, porém limitada pelos aspectos econômicos de utilização;
- secagem a alta temperatura: técnica em que se utiliza uma temperatura que varia entre 110°C a 120°C, mantendo a umidade relativa do ar em estufa em torno de 90 a 95%.

A EMBRAPA, em parceria com a *École Nationale du Génie Rural des Eaux et des Forêts* (Engref), está desenvolvendo um novo método de secagem da madeira que consiste em aquecê-la até uma determinada temperatura que permita a sua moldagem, como no processo de fabricação do plástico e do vidro. Essa temperatura de transição da madeira elimina as tensões de secagem, conduzindo-a a um estado viscoso e elástico (GAZETA MERCANTIL DO PARÁ, 2002).

No entanto, Pinheiro (1996) afirma que não existe um processo que possa ser indicado para todas as condições, devendo ser considerados aspectos como: o tamanho da indústria, o tipo de madeira, a quantidade de madeira a ser seca, o tempo disponível de secagem, a localização da operação, dentre outros. Carrasco (1998b), entretanto, acrescenta que a madeira secada artificialmente tem mais durabilidade que a madeira secada naturalmente.

3.3.5 Projeto, tratamento, pré-fabricação e montagem

O projeto do sistema construtivo é considerado como etapa do processo construtivo, pois, apesar de não implicar transformação do material, tem grande importância na determinação de fatores que interferem na adequação ambiental do produto final.

3.3.5.1 Projeto

Para a adoção da madeira como componente construtivo para construções pré-fabricadas, visando a assegurar a sustentabilidade da edificação, é importante observar aspectos que vão além da etapa de produção, ou seja, do projeto do produto propriamente dito.

Ino (1998) cita que, inicialmente, é importante fazer um levantamento da oferta de madeira, já que, conforme dados fornecidos pela Sociedade Brasileira de Silvicultura e apresentados por

Lima (1996), o consumo de madeira serrada no País corresponde a apenas 12,7% do total de madeira disponível. A maior parte do consumo de madeira se destina à geração de energia, com a produção de lenha e carvão vegetal. Em relação à oferta de eucalipto, esse fato fica ainda mais comprometido, visto que a maior parte dos planos de reflorestamento de eucalipto são de propriedade de indústrias de celulose e não são manejadas para fins de construção (YUBA, 2001).

Para planejar um reflorestamento, deve ser feito um estudo de viabilidade, que incorpore um levantamento amplo, em que são analisados os seguintes aspectos: contextos sociais, econômicos, ambientais e outros. Deve-se também checar a necessidade do empreendimento no local onde é proposto, a demanda a ser atendida, que será responsável pelo funcionamento e lucro que, para o incorporador, construtor ou investidor é essencial (LOSSO, 2004).

Com relação à elaboração do projeto do produto, ou seja, da edificação, a escolha da espécie, o tratamento preservativo, a especificação das características da madeira, as tolerâncias dimensionais e de aspecto são medidas que devem ser levadas em conta nesta fase, em função do tipo de emprego que a madeira deverá exercer (BITTENCOURT, 1995; LELIS, 2001; LEAL, 2003).

Posteriormente, deve-se estar atento à implantação da edificação em madeira, considerando os fatores geográficos e climáticos para garantir sustentabilidade à edificação. Sendo assim, a topografia do terreno deve ser manipulada apropriadamente, considerando aspectos como temperatura, insolação, ventilação, drenagem natural (BENEVENTE, 1994).

Portanto, para projetar uma construção em madeira, é necessário o conhecimento do comportamento do material em frente ao grande número de variáveis que afetam suas propriedades físicas. Dessa forma, o uso da madeira, como material de construção, requer diretrizes especiais de projeto para ter sua durabilidade garantida (BENEVENTE, 1994).

Além disso, para atender às exigências dos usuários, as condições de exposição e os requisitos de desempenho dos *usuários*, devem ser considerados todos os pontos críticos, conforme Figura 3.6, sujeitos às ações de intempéries, tendo em vista o aumento da durabilidade e a qualidade do produto (INO, 1998).

Também é necessário considerar, durante o projeto, além do tratamento preservativo, a possibilidade de manutenção e substituição das peças principais, garantindo, assim, a conservação das qualidades resistentes do edifício e, conseqüentemente, a sua durabilidade (INO, 1992).

Em se tratando de deterioração, é importante saber que a madeira, por ser um material orgânico, é sujeita à ação de agentes físicos, químicos e biológicos (MOTANA QUÍMICA, 2000). Os principais agentes de deterioração biológica são os ataques de insetos e microorganismos, como bactérias e fungos. Como agentes de deterioração físico-química, estão a umidade, radiação ultravioleta e poluição ambiental, conforme apresentado no Quadro 3.3 (HISLOP, 1992).

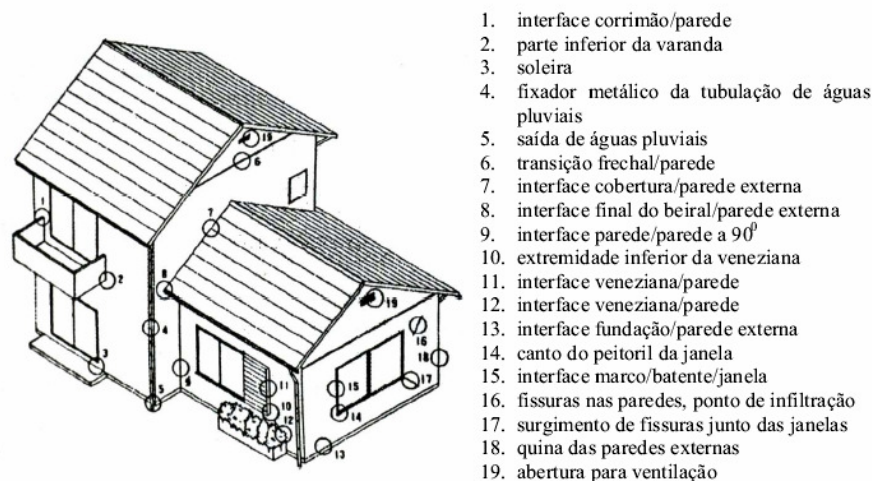


Figura 3. 6: Indicação de pontos críticos para a deterioração

Fonte: Centro de Tecnologia da Madeira-Habituação de Madeira, 1982 (apud INO et al., 1998)

A velocidade de deterioração e de decomposição da madeira varia e é decorrente das condições de temperatura, de umidade e aeração, ou seja, de exposição (KROPF, 1996). A biodeterioração também varia em função das espécies, pois algumas resistem ao ataque dos agentes biológicos por possuírem substâncias com propriedades fungicidas e inseticidas (BITTENCOURT, 1995).

Também pode ser visto, no Quadro 3.3, que um fator de grande importância na deterioração biológica da madeira é a presença de umidade. Hislop (1992) afirma que umidades em torno de 20% e temperaturas acima de 15°C aumentam, significativamente, o risco de ataques por fungos. Além disso, o aumento de umidade faz com que a madeira se desestabilize dimensionalmente, sobretudo nos planos tangencial e radial, ocasionando distorções na sua estrutura (TELES, 2001).

Portanto, os princípios básicos para se garantir a durabilidade da madeira são, segundo Carey et al. (1986); Kropf (1996); Ino (1998); Lelis (2001):

- evitar o acúmulo de umidade;
- garantir a ventilação para evaporação da umidade;
- evitar engastar componentes de madeira em alvenaria, concreto ou solo;
- garantir a estabilidade dimensional em uso;
- tomar medidas de proteção contra ataques de fungos e insetos (tratamento preservativo) e medidas eficientes de projeto.

AGENTES BIOLÓGICOS		DANOS CAUSADOS
Microorganismos		
• Bactérias		Atacam a madeira verde e abrem caminhos para a colonização de fungos
• Fungos	• Embolorador	Atacam a madeira com alto teor de umidade ou madeira seca exposta em ambientes com umidade acima de 90%. Reduzem a resistência ao impacto e aumentam a permeabilidade da madeira. Causam danos estéticos
	• Manchador	Atacam a madeira com alto teor de umidade ou madeira seca exposta em ambientes com umidade acima de 90%. Reduzem a resistência ao impacto e aumentam a permeabilidade da madeira. Causam danos estéticos
	• Apodrecedor	Atacam a madeira verde e seca e são responsáveis por profundas alterações nas propriedades físico-mecânicas da madeira
Insetos		
• Coleópteros (brocas de madeira)		Atacam as árvores, madeiras verdes, durante a secagem e a madeira seca, afetando as propriedades físico-mecânica
• Cupins		Atacam a madeira verde e seca, afetando as propriedades físico-mecânicas
Perfuradores marinhos		
• Moluscos e crustáceos		Atacam a madeira imersa em água salgada, destruindo a estrutura da madeira
AGENTES FÍSICOS E QUÍMICOS		DANOS CAUSADOS
• <i>Weathering</i> (intemperismo natural)		Ação conjunta de luz ultravioleta, calor, umidade e partículas abrasivas, provocam o envelhecimento da madeira exposta
• Fogo		A madeira é combustível e pode ser destruída pelo fogo

Quadro 3. 3: Agentes de deterioração da madeira

Fonte: A partir de LELIS (2001); MONTANA QUÍMICA (2000); MONTEIRO et al. (2003)

Nesse contexto, o projeto surge como aliado para garantir a durabilidade da madeira, considerando o nível de exposição e o tipo de ambiente com que o material mantém contato. Dessa forma, fornecer adequada ventilação, deixando a madeira sempre em estado seco ou usando tratamento preservativos, são formas de aumentar a durabilidade da madeira, evitando-se o ataque por fungos.

Como já foi mencionado, a escolha da espécie de madeira a ser empregada, assim como o conhecimento do local e as condições de uso a que ela será submetida, são dados importantes para o projeto arquitetônico. Para isso, Lelis (2001) orienta sobre o procedimento de escolha da adequada espécie de madeira, conforme Quadro 3.4, compilado de normas européias, que pode servir como guia para a correta utilização da madeira na construção civil.

Classes de risco						
Classe	Local e condições de uso	Exposição à umidade	Agentes biológicos			
			Fungos	Brocas	Cupins	Perfuradores marinhos
1	Acima do solo (coberto e seco)	Nenhuma	Não	Sim	Sim	Não
2	Acima do solo (coberto e com riscos de umidade)	Ocasional	Sim	Sim	Sim	Não
3	Acima do solo (não coberto)	Frequente	Sim	Sim	Sim	Não
4	Em contato com o solo ou água doce	Permanente	Sim	Sim	Sim	Não
5	Em contato com água salgada	Permanente	Sim	Sim	Sim	Não

Quadro 3. 4: Classes de risco – grupos de organismos xilófagos que podem atacar a madeira, conforme o local e as condições em que ela é empregada

Fonte: LELIS (2001)

Ainda de acordo com as normas européias, Lelis (2001) também propõe um fluxograma com as principais decisões a serem tomadas no processo de escolha da espécie de madeira em edificações, conforme Figura. 3.7.

A seleção de madeiras naturalmente resistentes pode ser feita por meio de manuais ou recorrendo a instituições que possam fornecer informações sobre a espécie desejada. Entretanto, a seleção de uma espécie no projeto, seja pela indisponibilidade de madeira resistente no mercado, seja por condições estéticas, não restringe a utilização de madeiras com pouca resistência natural para a fabricação de determinados componentes, desde que previamente tratadas contra organismos deterioradores (LELIS, 2001).

Caso haja previsão de tratamento preservativo, os principais parâmetros de qualidade para madeira preservada são a penetração e a retenção do preservante absorvido no processo de tratamento. Para isso, existem textos normativos que orientam a preservação de madeira, apresentando valores mínimos exigidos para esses parâmetros, em função do tipo de preservante a ser usado e da classe de risco a que o componente está sujeito na construção. Destacam-se, dentre as normas estrangeiras, a coleção da AWPA e, no Brasil, as normas disponíveis sobre o assunto não contemplam o uso de madeira preservada na construção de edificações, referindo-se somente ao uso da madeira na produção de postes de eucalipto preservado para eletrificação, mourões de eucalipto preservado para cercas, dormentes ferroviários de madeira nativa preservada e carretéis de *pinus* preservado para fios e cordoalhas (LELIS, 2001).

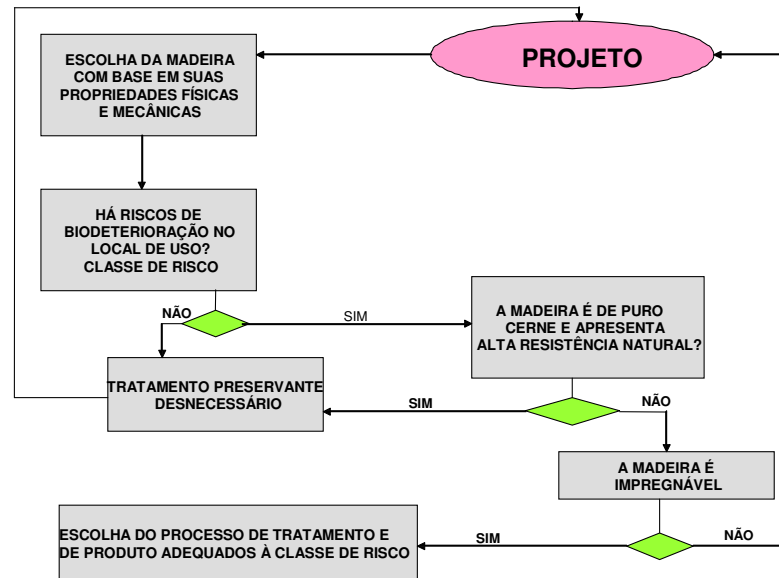


Figura 3. 7: Fluxograma com as principais decisões para escolha adequada da madeira em edificações
Fonte: A partir de LELIS (2001)

3.3.5.2 Tratamento preservativo

Algumas espécies de madeira têm resistência natural a organismo deterioradores, entretanto essas espécies podem apresentar desvantagens, como custo ou pouca trabalhabilidade (CAREY et al., 1986). Sendo assim, a seleção de determinada madeira para construção deve vir acompanhada de uma análise de risco em que a madeira vai ser exposta e o tipo de tratamento mais adequado para otimizar a sua resistência à ação de intempéries e ao ataque de fungos e insetos.

No que tange a tratamento preservativo, Kropf (1996) afirma que, devido às pressões atuais, a utilização de tratamentos químicos preservativos deve ser restrita a casos especiais em que nenhum outro método seja suficiente. Isso, porém, acaba não acontecendo, pois a durabilidade da madeira tem sido atribuída atualmente à exclusiva utilização de preservativos químicos, ficando o projeto negligenciado a um segundo plano. Assim, a utilização de preservativos químicos acaba por substituir um projeto mal elaborado. Portanto, os cuidados com o projeto devem ser redobrados com o desenvolvimento de detalhes que auxiliem as condições de manutenção e substituição de peças.

Carlos (1995) acrescenta que o tratamento preservativo da madeira deve ser feito após a conclusão de todas as etapas de acabamento das peças. Esse tratamento pode ser feito em processos sem pressão (aspersão, pincelamento, imersão) ou com pressão (com uso de autoclave em usina de preservação de madeiras) (CARLOS, 1995; LELIS, 2001).

Em função da classe de risco de deterioração biológica em que a estrutura de madeira esteja exposta, é feita a combinação entre o tipo de preservativo e o processo de preservação da madeira, de acordo com o Quadro 3.5 (LELIS, 2001).

Classe de risco	Preservação a aplicar		
	Processo de tratamento preconizado	Natureza do preservativo	Comportamento do preservativo
1	Asperção, imersão, pincelamento ou com pressão	Inseticida	Resistente a perdas por evaporação
2	Asperção, imersão, pincelamento ou com pressão	Inseticida e fungicida	Não ou pouco lixiviável e resistentes a perdas por evaporação
3	Com pressão	Inseticida e fungicida	Não ou pouco lixiviável e resistente a perdas por evaporação
4	Com pressão	Inseticida e fungicida	Não ou pouco lixiviável e resistentes a perdas por evaporação
5	Com pressão	Inseticida e fungicida molucida carcinocida	Não ou pouco lixiviável e resistentes a perdas por evaporação

Quadro 3. 5: Tipos de tratamentos e preservativo em função da classe de risco na qual se encontra a madeira

Fonte: LELIS (2001)

O grau de toxidez do fungicida ou do inseticida é diretamente proporcional à sua proteção, ou seja, quanto mais tóxico, melhor a proteção contra o ataque de insetos e fungos. Por outro lado, deve-se tomar cuidados em relação à saúde do ser humano, durante seu manuseio, na sua utilização e disposição final.

Existem, principalmente, três categorias de tratamentos preservativos atualmente utilizados para a madeira:

- oleosos: produtos representados pelos derivados de alcatrão da hulha;
- oleossolúveis: produtos contendo misturas complexas de agentes fungicidas e/ou inseticidas, à base de compostos de natureza orgânica e/ou organometálica;
- hidrossolúveis: produtos contendo misturas mais ou menos complexas de sais metálicos e fornecem à madeira uma superfície fácil de pintar e sem nenhum cheiro (LELIS, 2001; WILSON, 2004).

Na categoria de hidrossolúveis, está incluído o produto mais utilizado para tratamento preservativo da madeira, o CCA⁴, além do ACA⁵ e do CCB⁶. Quanto à composição do CCA, a

⁴ Arseniato de cobre cromatado

presença do cobre na madeira serve como fungicida, o arsênio protege a madeira contra o ataque de insetos e o cromo fixa o cobre e o arsênio na madeira, não sendo lixiviável (SOLO-GABRIELE et al., 2004).

O tratamento preservativo da madeira é um dos itens mais discutidos por pesquisadores, por causa da toxicidade conseqüente do tratamento e sua adequação ambiental. Wilson (2004) e Kropf (1996) descrevem uma série de recomendações para a disposição final da madeira tratada, como:

- o reaproveitamento (reciclar ou reutilizar) da madeira, quando possível;
- a incineração é indicada somente para o creosoto e o pentaclorofenol e deve ser feita em fornos industriais em altas temperaturas somente;
- o CCA não deve ser nunca incinerado e seu uso deve ser evitado ao máximo, utilizando detalhes construtivos que minimizem a utilização da madeira em localizações onde haja possibilidade de infestação de insetos;
- os preservativos à base de boro são eficientes para o tratamento da madeira contra biodeterioração quando esta não estiver exposta a intempéries, pois são lixiviáveis, mas menos tóxicos.

O CCA foi o preservativo mais utilizado nos últimos anos, estendendo a durabilidade de algumas espécies de madeira por trinta anos ou mais e com custo relativamente barato e ainda é o preservativo mais utilizado para a preservação de madeira no Brasil. No entanto, o seu uso é limitado no Japão, Indonésia, Suíça e Alemanha (FORESTRY AND FOREST PRODUCTS, 2002). A partir de 31 de dezembro de 2003, a EPA, apesar de não ter concluído que a madeira tratada com CCA apresenta risco excessivo à população, proibiu também seu uso para fins residenciais, sendo somente permitida sua utilização em aplicações industriais e na construção marinha (WEST, 2004).

Como tendência no controle da biodeterioração da madeira, têm surgido alternativas para o tratamento preservativo da madeira, buscando produtos menos agressivos ao meio ambiente e menos tóxicos ao homem. No caso de insetos, pesquisas têm sido realizadas na identificação de componentes químicos de extrativos de madeira e outros vegetais, que apresentam alguma ação tóxica ou de repelência (LELIS, 2001). É o caso dos pesquisadores do INPA, que

⁵ Arseniato de cobre amoniacal

⁶ Borato de cobre cromatado

encontraram, no extrato de angiroba, um inseticida que atua satisfatoriamente ao ataque de cupins e não agride o meio ambiente (JORNAL DO COMÉRCIO, 2002b).

A introdução de barreiras físicas na fundação, com o objetivo de impedir o acesso de cupins-subterrâneos à edificação, é uma alternativa que vem substituir as tradicionais barreiras químicas. Outra tendência é o controle por meio de iscas que consiste em utilizar um substrato atrativo para os cupins,⁷ impregnado com um produto letal, mas de ação lenta, que é levado para a colônia e nela difundido entre os indivíduos (LELIS, 2001).

3.3.5.3 Pré-fabricação e montagem

A pré-fabricação pode ser uma oportunidade de melhoria da qualidade das habitações em madeira, além de propiciar rapidez na construção. A pré-fabricação pode envolver não somente a montagem de componentes, mas também a montagem de células ou ainda unidades habitacionais inteiras (YUBA, 2003).

Nessa etapa, podem ser avaliados os cuidados que foram tomados na fase de projeto, quanto ao detalhamento das juntas e procedimento de montagem (YUBA, 2001).

Durante a montagem, os resíduos devem ser minimizados e dispostos em aterros capacitados para aceitar material tóxico ou queimados em altas temperaturas, dependendo do tipo de tratamento feito à madeira (TIMBER, 2004).

Bittencourt (1995) descreve algumas recomendações a respeito do canteiro na fase de montagem das construções em madeira, como:

- facilitar o acesso de equipamentos e dos componentes construtivos ao local da obra;
- planejar a entrega do material, podendo, assim, prever a sua estocagem adequada, protegendo, principalmente, da chuva e do sol;
- verificar a umidade da madeira ao chegar ao canteiro;
- controlar a qualidade e dimensões das peças em função do uso e da especificação;
- assegurar a montagem da estrutura e da cobertura mais rapidamente para que não sejam sujeitas às condições climáticas;

⁷ Esses produtos podem ser: inseticidas de baixa concentração, microorganismos patogênicos, inibidores da síntese de quitina e reguladores de crescimento (LELIS, 2001).

- atentar quanto à especificação dimensional em todas as etapas executivas (fundação, estrutura, cobertura, entre outras.)

3.3.6 Uso/manutenção

Nesta etapa, a unidade habitacional é submetida à ação das intempéries e dos ocupantes, passando por manutenções leve (limpeza) e pesadas (reformas) (YUBA, 2001).

A abordagem de construção sustentável sobre o uso das edificações se refere à qualidade do ambiente interno (CIB, 2000). No que diz respeito a construções em madeira, cuidados com o projeto, tratamento, montagem podem interferir sobre o conforto térmico, acústico, qualidade do ar e outros, que são temas mais comuns com relação à construção sustentável (KRONKA, 2001).

Ino et al. (1998) recomendam a adoção de manuais de conservação para assegurar o correto uso da edificação pelo usuário, pois usuários desinformados acabam por usar a edificação inadequadamente, não realizando manutenções periódicas, o que vem a colaborar com a diminuição da durabilidade da edificação.

Além da durabilidade, a qualidade do ambiente interno (CIB, 2000), como já citado, e os custos provenientes da manutenção da edificação (JOHN, 1988) são também requisitos presentes para a elaboração de uma construção sustentável.

3.3.7 Desmontagem/reciclagem/reutilização

A habitação em madeira possui a peculiaridade de permitir a desmontagem e remontagem ou aproveitamento de peças, de acordo com a concepção das conexões do sistema construtivo, que é chamado por CIB (2000) de *aptidão para a desmontagem*.

No entanto, encontra-se dificuldade de se destinar corretamente os diversos tipos de peças e materiais que contêm produtos químicos, como é o caso da madeira tratada. Após a desmontagem da construção, caso as peças e componentes não sejam reaproveitados e remontados em outras construções, sua disposição final é um dos maiores desafios para os pesquisadores. A busca por um aprimoramento do projeto do sistema construtivo, considerando o descarte do resíduo e as características de degradabilidade natural da madeira, é o foco dos pesquisadores para a minimização dos impactos ambientais causados na utilização da construção em madeira (YUBA, 2003).

Portanto, o desconhecimento das possibilidades de reaproveitamento e de reciclagem ocasionam o baixo aproveitamento da madeira pós-uso. Como consequência disso, ocorre o desperdício de matéria-prima e danos causados ao meio ambiente (INO, 1998).

3.4 CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO

Neste capítulo, pôde ser vista a influência que cada etapa da cadeia produtiva de eucalipto para construção civil exerce no produto final. Também podem ser vistas algumas ações que, se introduzidas em cada uma dessas etapas, favorecem a qualidade do produto e a sustentabilidade da edificação.

Portanto, nota-se a importância do pleno conhecimento da cadeia produtiva do eucalipto para construção pelo projetista. É nessa fase que é possível determinar a escolha correta do material para cada tipo de uso. Nem sempre é possível ter a disposição todo um material em perfeitas condições, porém é importante saber selecioná-lo em função do tipo de solicitação e exposição exercida sobre ele durante a vida útil da construção. Para o alcance de metas que visem à sustentabilidade da edificação, é importante favorecer o uso correto, racional, sem a produção de resíduos e a qualidade das peças finais que serão utilizadas na edificação.

No que diz respeito às dimensões sociais e econômicas, a certificação florestal pode ser uma saída para uma verdadeira profissionalização do setor madeireiro. A aquisição de madeira certificada garante geração de emprego formal e o manejo adequado de florestas, quer sejam nativas, quer sejam plantadas.

Outro aspecto observado é o tratamento preservativo químico dado às peças de madeira que não possuem durabilidade natural ou que ficarão expostas à atuação de agentes de deterioração. Alguns tratamentos preservativos acabam por comprometer sua adequação ambiental. Para o projetista de edificações pré-fabricadas em eucalipto, é importante saber quando realmente é necessária a utilização desses produtos químicos e favorecer sempre a reutilização das peças ou componentes, com o intuito de aumentar sua vida útil, já que sua reciclagem fica comprometida.

4.1 INTRODUÇÃO

Cada vez mais a utilização de tratamentos preservativos em madeira é criticada por ambientalistas, tornando o projeto ferramenta essencial no planejamento das construções que utilizam esse material para assegurar a durabilidade e a adequação ambiental da edificação. Além do mais, é na fase de projeto que a inserção de requisitos e critérios pode resultar em níveis de desempenho esperados pela construção.

Portanto, para elaborar recomendações de projeto, visando à sustentabilidade de construções em eucalipto, que é o objetivo principal desta dissertação, é necessário identificar de meios para implementação de ações específicas durante essa fase.

Porém, conforme discutido no Capítulo 3º, as construções em madeira, principalmente madeira de plantios florestais, estão dispersas ao longo do território nacional e a bibliografia encontrada sobre esse tema é reduzida, o que dificulta o estabelecimento de um quadro comparativo em que pudessem ser analisados os desempenhos dessas construções ao longo de sua vida útil.

No Estado do Espírito Santo, como também já foi discutido no Capítulo 3º, poucas pesquisas sobre o assunto foram desenvolvidas, a fim de avaliar o desempenho das construções em eucalipto.

Dessa forma, para a presente pesquisa, desenvolveram-se estudos de caso envolvendo algumas construções em eucalipto encontradas no sul e no norte do Espírito Santo,¹ de forma a estabelecer uma avaliação de desempenho quanto à sustentabilidade dessas construções.

Neste capítulo, serão apresentados aspectos metodológicos desses estudos, que compreendem os critérios adotados na seleção da amostra a ser pesquisada, assim como os métodos e as técnicas utilizadas para o desenvolvimento da pesquisa.

É importante salientar que os estudos de caso contribuem para a identificação e análise dos principais fatores que influenciam a sustentabilidade das construções, associando-os com as medidas de projetos adotadas e as suas conseqüências na construção. Aliadas à pesquisa bibliográfica, essas informações subsidiaram a elaboração de recomendações de projeto, que serão apresentadas no Capítulo 5º.

¹ O critério de seleção dessas construções é discutido no item 4.3.4.

4.2 ASPECTOS METODOLÓGICOS DA PESQUISA

Segundo Lakatos (1983), método científico é o conjunto de atividades sistemáticas e racionais que permite alcançar um objetivo, com maior segurança e economia, traçando o caminho a ser seguido, detectando erros e auxiliando as decisões do cientista. Rey (1997) acrescenta que o método científico é baseado em uma observação rigorosa e imparcial dos fatos, observação essa que garante ao pesquisador a capacidade de distinção, dentre os fenômenos que possam ocorrer em determinada pesquisa, aqueles que são realmente relevantes.

Cervo e Bervian (1996) classificam os tipos de pesquisa, segundo o procedimento utilizado, em: pesquisa bibliográfica, pesquisa descritiva e pesquisa experimental, devendo o pesquisador adaptar o método em função das condições impostas pelo objeto de estudo.

A pesquisa bibliográfica é desenvolvida a partir de material já elaborado, constituído principalmente de livros e artigos científicos; a pesquisa descritiva observa, registra, analisa e correlaciona fatos ou fenômenos sem manipulá-los, procurando descobrir, com a máxima precisão possível, a frequência com que o fenômeno ocorre, sua relação e conexão com outros, sua natureza e características; a pesquisa experimental, enfim, consiste em determinar um objeto de estudo, selecionar as variáveis que seriam capazes de influenciá-lo, definir as formas de controle e de observação dos defeitos que a variável produz no objeto, ou seja, manipula diretamente as variáveis relacionadas com o objeto de estudo (GIL, 1991; CERVO; BERVIAN,1996).

Para a escolha adequada do método de pesquisa adotado neste trabalho, foram considerados, ainda, alguns aspectos, como:

- a) o estabelecimento de recomendações de projeto para construções pré-fabricadas em madeira de reflorestamento, que pressupõe a análise do processo de projeto e a forma como os requisitos de desempenho podem ser introduzidos nessa etapa;
- b) não foram encontrados registros contendo informações relativas à avaliação de sustentabilidade de construções pré-fabricadas em madeira de reflorestamento existentes no Brasil. No entanto, é possível reunir essas informações por meio de investigações realizadas com os projetistas, construtores e usuários, juntamente com informações levantadas pela pesquisa bibliográfica.

No caso da presente pesquisa, o método de pesquisa mais adequado é a pesquisa descritiva, auxiliada pela pesquisa bibliográfica, que contribuiu com informações necessárias para a seleção da amostra a ser estudada. Dentre os métodos de pesquisa descritiva, o mais adequado, seguindo as considerações levantadas anteriormente, é o método de estudo de caso.

4.3 PLANEJAMENTO DOS ESTUDOS DE CASO

O ponto de partida dos estudos de caso consistiu na definição da amostra a ser pesquisada, ou seja, na seleção das construções a serem avaliadas. Sendo assim, foram feitas visitas técnicas a fim de identificar os critérios mais adequados para a seleção da amostra.

Já que o objetivo final da pesquisa é a proposição de recomendações de projeto, tendo como base o desempenho e a sustentabilidade das construções em madeira de reflorestamento, observou-se a necessidade de investigar o processo de projeto, assim como avaliar, qualitativamente, o desempenho das construções selecionadas.

Dessa forma, é possível a identificação das relações de causa e efeito entre o desempenho das construções e falhas ocorridas durante o processo de projeto, auxiliando também no estabelecimento das recomendações pretendidas.

Para melhor definir e avaliar os métodos e técnicas a serem utilizados na obtenção dessas informações, realizou-se um diagnóstico preliminar com nove construções, cuja análise forneceu subsídios para a formulação e adaptação de questionários, entrevistas, fichas de avaliação e técnicas.

Na Figura 4.1, observa-se um esquema que ilustra as principais etapas de desenvolvimento da pesquisa.

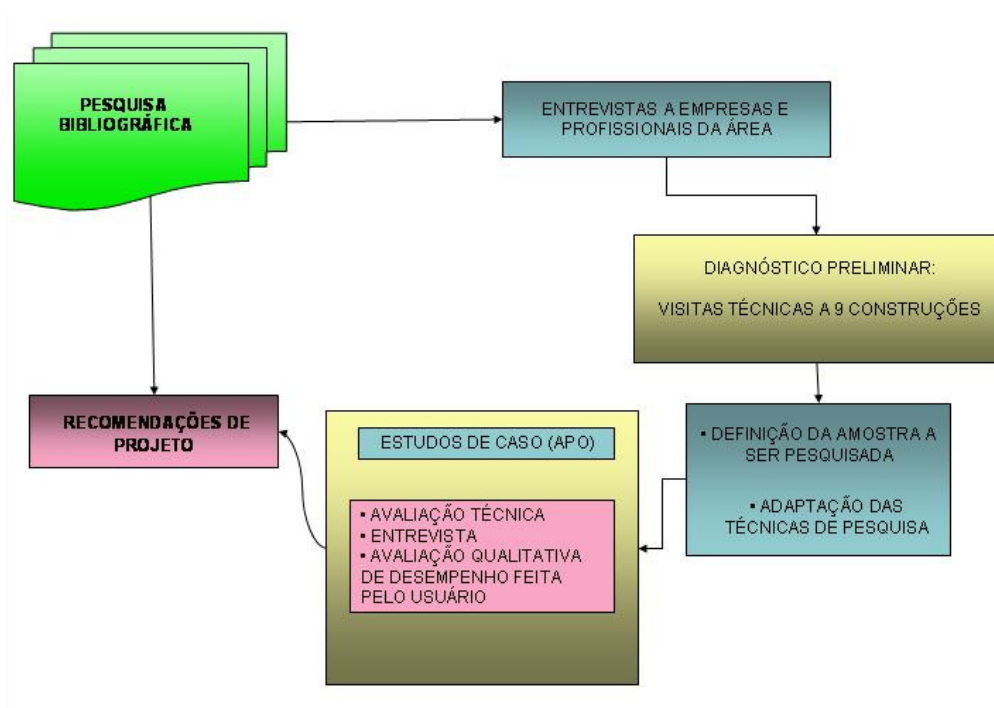


Figura 4. 1: Fluxograma do desenvolvimento da pesquisa

4.3.1 Pesquisa bibliográfica

Apesar do escasso e desatualizado material publicado a respeito de construções em madeira de reflorestamento no Brasil e, principalmente, no Estado do Espírito Santo, já comentado no Capítulo 3º. desta dissertação, a pesquisa foi enriquecida com entrevistas a profissionais e empresas que atuam na área.

A pesquisa bibliográfica auxiliou na definição dos critérios adotados para a seleção das construções a serem pesquisadas, porém seu papel não foi determinante. As entrevistas a profissionais da área que atuam na região foram de extrema importância, atualizando o quadro de experiências desenvolvidas em construções em madeira de reflorestamento no Estado do Espírito Santo.

4.3.2 Visitas técnicas e diagnóstico preliminar

A partir da pesquisa bibliográfica e das entrevistas a empresas e profissionais da área, observou-se que a maior parte das construções em madeira de reflorestamento era em eucalipto e utilizava o sistema construtivo empilhado para construção. A partir daí, buscou-se o conhecimento do processo de fabricação e montagem dessas construções, o que poderia contribuir para o estabelecimento das recomendações de projeto pretendidas pela presente pesquisa.

Assim, optou-se por um diagnóstico preliminar envolvendo edificações com idades diferenciadas de construção. Na primeira busca, que compreendia visita técnica a nove edificações, foi possível ter um levantamento dos sistemas construtivos em eucalipto mais utilizados no Estado do Espírito Santo e das empresas mais atuantes, o que auxiliaria na definição da amostra a ser pesquisada, conforme apresentado no Quadro 4.1.

Empresas fornecedoras de madeira	Obra	Descrição do sistema construtivo empregado
Empresa I	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Casa em Piaçu ▪ Casa no condomínio Grassmutter ▪ Chalés da pousada Peterly`s ▪ Chalés de Capuba 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sistema construtivo em eucalipto roliço empilhado com paredes estruturais em eucalipto
Empresa II	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Creche em Pedra Azul 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sistema construtivo misto em eucalipto roliço empilhado e alvenaria como vedação e estrutura (pilares e viga) em eucalipto roliço
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Casa de artesanato Parque Pedra Azul 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sistema construtivo misto em eucalipto roliço empilhado e alvenaria como vedação e estrutura (pilares e viga) em eucalipto roliço
Empresa III	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Alojamentos na reserva de Linhares 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sistema construtivo em eucalipto roliço empilhado com paredes estruturais em eucalipto.
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sala de estar da reserva de Linhares 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sistema construtivo pilar-viga com vedação em eucalipto roliço empilhado e vidro
Empresa IV	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Casa de artesanato no restaurante Valsugana 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sistema construtivo pilar-viga com vedação em eucalipto cortado com ¼ de log empilhado e vidro

Quadro 4. 1: Descrição das visitas técnicas

O critério de seleção para a realização de visitas técnicas a essas construções durante o diagnóstico preliminar teve como base a espécie de madeira, no caso o eucalipto, que está presente em todas as construções, além de uma investigação que identificou as empresas mais atuantes no mercado de edificações pré-fabricadas em madeira de reflorestamento da região.

Com o objetivo de preservar as informações gentilmente fornecidas pelas empresas e profissionais que colaboraram para a realização desta pesquisa, foram discriminadas, no Quadro 4.1, as obras visitadas com as respectivas empresas fornecedoras de madeira identificadas por algarismos romanos, de forma aleatória, sem que essa identificação tenha qualquer relação com seus nomes.

4.3.3 Avaliação qualitativa de desempenho

O diagnóstico preliminar inclui uma avaliação qualitativa de desempenho, cujos objetivos foram: a) observar a adequação dos questionários e fichas elaboradas para a coleta dos estudos de caso; b) identificar os usuários; e c) identificar os problemas mais comuns nas edificações visitadas.

Durante o diagnóstico preliminar, entrou-se em contato com alguns usuários-chave das edificações, visando somente a ter uma noção geral dos problemas mais relevantes sob o ponto de vista desses usuários. Nesse sentido, pôde-se testar a eficácia das fichas técnicas e dos questionários e observar dados novos que pudessem ser utilizados para a elaboração de novas fichas técnicas e questionários a serem utilizados nas edificações selecionadas para a avaliação.

4.3.4 Critérios para seleção da amostra a ser pesquisada

Os critérios utilizados para a seleção das edificações a serem avaliadas, conforme Quadro 4.2, se basearam, fundamentalmente, na idade da edificação, já que, para avaliar a durabilidade do sistema construtivo, é preciso que este esteja em sua fase de uso/operação por tempo suficiente, para que os materiais e tecnologia empregados na construção tenham seus desempenhos testados.

Outro critério também considerado para a seleção da amostra foi a disponibilidade de dados e informações documentadas, além da acessibilidade aos profissionais envolvidos, possibilitando o confronto das informações obtidas, por meio de entrevistas.

Optou-se, então, por avaliar as seguintes edificações:

- **Estudo de caso 01** - Casa em Piaçu;
- **Estudo de caso 02** - Chalés do Peterly`s;
- **Estudo de caso 03** - Creche em Pedra Azul;

- **Estudo de caso 04** - Alojamentos da reserva de Linhares

OBSERVAÇÕES DA PESQUISA BIBLIOGRÁFICA E DO DIAGNÓSTICO PRELIMINAR	CRITÉRIOS CONSIDERADOS
<ul style="list-style-type: none"> ▪ A maioria das construções em eucalipto no Estado do Espírito Santo utilizam o sistema <i>log-homes</i>, ou seja, sistema construtivo em madeira empilhada, com adaptações no sistema dependendo do construtor 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Edificações construídas por empresas diferentes, favorecendo a observação de mudanças construtivas no sistema e avaliação comparativa entre os sistemas
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sua utilização é variada e abrange residências, pousadas, casas de artesanato, creches, dentre outros, com empresas entre 5 e 10 anos de atuação 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Edificações com tempo de utilização de no mínimo 4 anos de construção, favorecendo a observação quanto a aspectos de durabilidade
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ausência de registros (dados e informações documentadas) sobre o processo de projeto, da construção e manutenção 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Edificações cujo construtor estivesse acessível para que pudesse fornecer informações sobre o processo de projeto e construção do edifício

Quadro 4. 2: Critérios utilizados na seleção da amostra a ser pesquisada

As demais construções não foram selecionadas por não apresentarem todos os critérios acima expostos. No entanto, vale lembrar que as visitas técnicas a essas construções foram de suma importância para a elaboração dos questionários, fichas técnicas e de avaliação.

Apesar de as empresas fornecedoras utilizarem como base o sistema construtivo de eucalipto empilhado, puderam ser observadas diferenças no processo de projeto, no grau de industrialização, bem como na montagem da construção, o que favorece uma avaliação comparativa, podendo, assim, ser analisadas as vantagens e desvantagens de cada sistema.

É interessante observar que o sistema construtivo possibilitou a produção de empreendimentos com finalidades distintas, o que favoreceu a definição de diferentes perfis de *usuários*.² No entanto, o *usuário* em cada caso foi definido como a pessoa que passa a maior parte do seu tempo, seja trabalhando, no caso de funcionário ou administrador (creche, por exemplo), seja se hospedando (casa e pousadas, por exemplo).

Com a conclusão do diagnóstico preliminar, foi possível notar uma evolução na tecnologia utilizada pelas mesmas empresas em suas próprias construções mais recentes, o que também favoreceu o estabelecimento de recomendações de projeto para a pesquisa.

4.3.5 Técnicas utilizadas para coleta de dados

Conforme já comentado, as técnicas utilizadas para a coleta de informações e dados nesses estudos de caso puderam ser avaliadas durante o diagnóstico preliminar. Foram utilizadas *entrevistas semi-estruturadas*³ para coletar informações sobre o processo de projeto e construção. Para obtenção de

² O termo *usuário*, quando relacionado com a avaliação de desempenho, define outros perfis além dos usuários diretos. Inclui todos aqueles que entram em contato com o produto, como o morador, o vizinho e o cidadão que passa diante dele (JOHN, 1989)

³ Tipo de entrevista em que o entrevistador segue um roteiro previamente estabelecido (GIL, 1991).

informações sobre o desempenho do edifício em sua fase de uso/operação, optou-se pela metodologia de *Avaliação Pós-Ocupação*.

4.3.5.1 Entrevistas

Para a coleta de informações a respeito do processo de projeto e construção das edificações, foram realizadas *entrevistas semi-estruturadas* com os profissionais das empresas construtoras. Para se obter informações sobre o uso e manutenção do edifício, foram entrevistados os moradores e/ou os gestores administrativos, no caso da pousada, do alojamento e da creche, que são aqueles responsáveis pela manutenção e administração do edifício.

4.3.5.2 Avaliação Pós-Ocupação (APO)

Para se obter informações sobre o desempenho da edificação em sua fase de uso/operação, optou-se pela metodologia de *Avaliação Pós-Ocupação*. A APO é um conjunto de técnicas e métodos que pretende avaliar fatores técnicos, funcionais, econômicos, estéticos e comportamentais do ambiente em uso, tendo em vista a opinião dos técnicos, projetistas e clientes, como também dos usuários, para diagnosticar aspectos positivos e negativos da edificação (ORNSTEIN, 1992). São utilizados diversos métodos para aferição do desempenho físico da construção, dentre os quais entrevistas específicas com pessoas-chave do local, mapas comportamentais, registro em fitas cassete, questionários e outros (ROMERO; ORNSTEIN, 2002).

Os objetivos da Avaliação Pós-Ocupação são: a) o estabelecimento de recomendações que, ao diagnosticar os aspectos negativos da edificação, possam permitir a correção dos problemas detectados no próprio ambiente construído submetido à avaliação, por meio de programas de manutenção e conscientização dos usuários; e b) com os resultados dessas avaliações sistemáticas (estudos de casos), utilizá-los para a retroalimentação do ciclo do processo de produção e uso de edificações semelhantes, otimizando o desenvolvimento de projetos futuros, conforme Figura 4.2 (ORNSTEIN, 1992).

Em resumo, a APO é um método interativo que detecta patologias e determina terapias no decorrer do processo de produção e uso de ambientes construídos, por meio da participação dos agentes envolvidos na tomada de decisões (ORNSTEIN, 1992).

Assim, a presente pesquisa pretende utilizar os resultados obtidos durante a APO para identificar possíveis falhas de desempenho existentes nas edificações pesquisadas e correlacioná-las com o projeto, retroalimentando-o para que, dessa forma, se possa garantir o desempenho e a sustentabilidade dessas edificações no decorrer de seu uso.

a) Definição dos aspectos a serem avaliados/observados na APO

A avaliação de desempenho do edifício deve ser com base em *requisitos* e *critérios* que expressem condições qualitativas e quantitativas que a edificação deva atender para satisfazer as *exigências dos usuários*, quando submetida a determinadas *condições de exposição* (SOUZA, 1988). O método de avaliação e os critérios de desempenho são definidos pela interação entre as *exigências dos usuários* e as *condições de exposição* (JOHN, 1989).

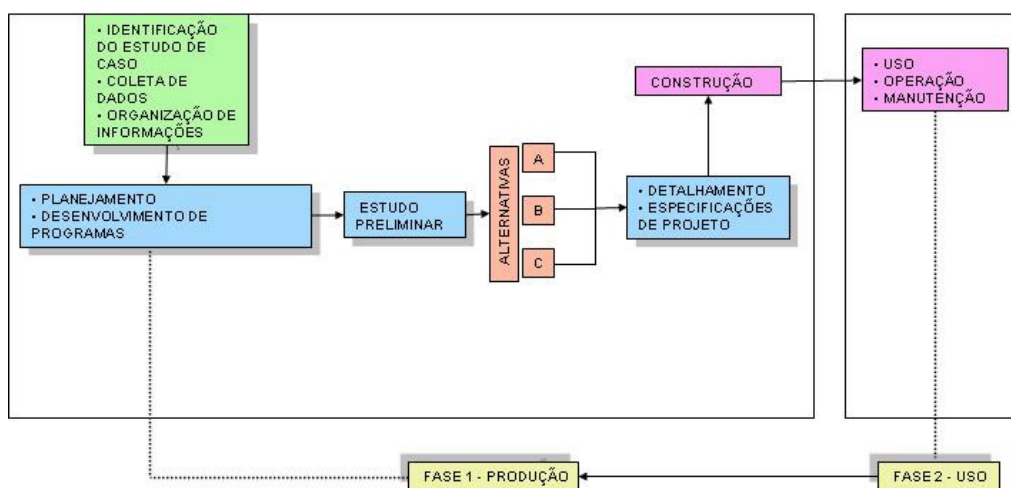


Figura 4. 2: APO- Ciclo de retroalimentação do processo de produção

Fonte: Adaptado de ORNSTEIN (1992)

Para a definição dos itens a serem avaliados, foram considerados aspectos que visam à habitabilidade e sustentabilidade da edificação, previstos na ABNT (2002), conforme já caracterizados no Capítulo 2º. da presente dissertação.

b) Definição das fontes de informação

A definição das fontes de informação, ou seja, os agentes envolvidos no processo de produção (projetistas, construtores, fornecedores) e no processo de uso/operação (usuários, administradores) é ponto fundamental para APO. Para a presente pesquisa, foram selecionadas as seguintes fontes de informação, conforme Quadro 4.3.

Para confrontar com as informações obtidas a partir das entrevistas aos *usuários*, a pesquisadora realizou observações exploratórias, ou seja, avaliações técnicas durante a APO, considerando aspectos técnico-construtivos, funcionais e comportamentais, relacionados com a produção e utilização das edificações em fase de uso/operação.

c) Técnicas utilizadas para coleta de informações

Diversas técnicas foram utilizadas para a realização desta APO, sendo selecionadas em função de sua eficiência em assegurar a veracidade e a abrangência de cada informação, permitindo, desse modo, a análise crítica dos resultados obtidos.

No Quadro 4.4, está ilustrado o esquema utilizado na APO nesses estudos de caso.

Edificação	Fontes de informação	
	Fase de produção	Fase de uso/operação
▪ Casa em Piaçu	▪ Construtor ▪ Fornecedor da madeira	▪ Usuário (morador)
▪ Chalés do Peterly`s	▪ Projetista ▪ Construtor ▪ Fornecedor da madeira	▪ Administrador ▪ Hóspede ▪ funcionários
▪ Creche em Pedra Azul	▪ Construtor ▪ Fornecedor da madeira	▪ Administrador ▪ Funcionários
▪ Alojamentos da reserva de Linhares	▪ Construtor ▪ Fornecedor da madeira	▪ Administrador ▪ Hóspede ▪ Funcionários

Quadro 4. 3: Identificação das fontes de informação em cada estudo de caso

TIPO DE LEVANTAMENTO	TÉCNICA UTILIZADA	PRODUTO/FORMA DE APRESENTAÇÃO
Levantamento de arquivo	▪ Análise de projetos	▪ Informações sobre o projeto (implantação, distribuição, detalhes construtivos) ▪ Dados sobre os usuários (quantidade, perfil, entre outros) ▪ Dados sobre as rotinas de manutenção do edifício; ▪ Informações sobre o custo de construção e manutenção do edifício
	▪ Entrevistas livres	
Levantamento de campo	▪ Observações	▪ Fichas de avaliação ▪ Dados tratáveis estatisticamente
	▪ Levantamento técnico	
	▪ Questionários	

Quadro 4. 4: Tipos de pesquisas utilizadas na APO

▪ Análise de projetos e entrevistas

Foram feitas análises dos projetos com o intuito de obter informações importantes sobre a forma de implantação do edifício, sua distribuição interna, forma de utilização pelos usuários e também sobre os detalhes construtivos utilizados.

Além disso, foram realizadas com os construtores, moradores (caso da casa em Piaçu) e também com administradores e funcionários (caso da creche, pousada e alojamento em Linhares). Tais entrevistas colaboraram para complementar as informações obtidas na análise dos projetos e relativas aos usuários, fornecendo informações importantes sobre o funcionamento do edifício.

▪ Observações e levantamento técnico

Foram realizadas visitas técnicas às construções em fase de uso/operação, quando foi possível coletar importantes informações a respeito de aspectos observados pelos *usuários* que serviram de complementação para a presente pesquisa. Esse levantamento foi possível com o auxílio de

FICHAS DE AVALIAÇÃO, que avaliam a construção como um todo (APÊNDICE F, J, L, O e R) e cada um dos seus subsistemas (APÊNDICE G, J, M, P e S), elaboradas de acordo com os princípios da APO.

▪ Questionários

Conforme exposto no item 4.3.3, no diagnóstico preliminar, pôde-se testar a eficiência dos questionários e adaptá-los para os estudos de caso para a coleta da opinião dos usuários. A definição da escala de valores adotada na elaboração do questionário está exposta no item 4.4.2.3. Ainda para aplicação do questionário, foram levados em consideração os seguintes critérios: *a)* o usuário deveria ser entrevistado pelo pesquisador; *b)* cada usuário deveria ser entrevistado apenas uma vez na pesquisa.

4.3.5.3 Fichas técnicas

A partir de informações obtidas nas entrevistas, visitas técnicas e análise de projetos, foram elaboradas as FICHAS TÉCNICAS com a descrição das principais características dos subsistemas de cada construção dos estudos de caso.

As fichas técnicas foram construídas a partir da definição dos subsistemas presentes em qualquer construção e que, portanto, poderiam ser observados em todos os estudos de caso.

4.3.6 Empresas e profissionais participantes dos estudos de caso

Para a coleta de informações sobre o processo de projeto e produção, além de informações a respeito do uso/operação das edificações pesquisadas, foram realizadas diversas entrevistas a empresas e profissionais participantes das diferentes etapas e processos (ver APÊNDICES).

As informações sobre a etapa de projeto e construção das edificações foram colhidas por meio de entrevistas realizadas aos projetistas, construtoras e fornecedores da madeira.

É importante citar que, em cada empreendimento, o processo de projeto/construção é diferenciado. Em alguns casos, o fornecedor se restringe ao fornecimento da madeira e cálculos das estruturas, prestando consultoria durante a montagem, ficando a cargo do cliente a contratação de um construtor ou empreiteiro para a realização da obra. Na casa em Piaçu, a EMPRESA I tanto adaptou o projeto para as condições locais, quanto forneceu a madeira e executou a montagem das peças, juntamente com a realização do restante da obra. Já no caso dos chalés Peterly's, a mesma empresa se limitou ao fornecimento da madeira e dos cálculos estruturais, ficando a cargo do cliente a contratação do arquiteto e do construtor.

Em outros casos, como da creche em Pedra Azul, o fornecedor da madeira é aquele que fornece a madeira já em peças semi-industrializadas e se responsabiliza pela execução da montagem dessas peças, caso da EMPRESA II. No entanto, a parte civil, como é denominada por eles, que compreende a execução das fundações e a construção das áreas molhadas, como banheiros e cozinha, geralmente é executada por construtores e empreiteiros contratados à parte.

Para a reserva de Linhares, o fornecedor da madeira, EMPRESA III, possuía plantios florestais próprios e teve a iniciativa de utilizar o sistema construtivo *log home*, sendo executado por funcionários próprios e gerenciado pelo engenheiro florestal responsável pela reserva.

Seguindo o mesmo procedimento, foram realizadas entrevistas com os *usuários*, representados de maneira distinta em cada empreendimento, para obtenção de informações relativas ao uso/operação das construções.

As empresas fornecedoras de madeira, os construtores e os profissionais participantes dos estudos de caso estão listados no Quadro 4.5. Novamente, as empresas fornecedoras participantes no estudo de caso estão discriminadas em algarismos romanos e as empresas construtoras estão representadas por meio de letras maiúsculas.

Quanto aos arquitetos projetistas das construções, estes, em alguns casos, não foram encontrados, como é o caso do alojamento da reserva de Linhares, cuja arquiteta se encontra fora do País e também o caso da casa, cujo projeto original é de uma empresa americana e foi adaptado para o sistema construtivo utilizado. Mesmo assim, os arquitetos tiveram suas identidades reservadas e estão representados por algarismo arábicos.

CONSTRUÇÃO	ARQUITETO/PROJETISTA	FORNECEDOR	CONSTRUTOR
Casa em Piaçu	-	EMPRESA I	EMPRESA A*
Chalés Peterly's	Projetista 01***	EMPRESA I	EMPRESA B***
Creche em Pedra Azul	-	EMPRESA II	EMPRESA C
Alojamento reserva em Linhares	Projetista 02	EMPRESA III	EMPRESA D**

* Nesse caso, a construtora (empresa A) é a mesma empresa I que forneceu a madeira

** Nesse caso, a construtora (empresa D) é a mesma empresa III que forneceu a madeira

*** Nesse caso, o arquiteto (projetista 01) foi também responsável pela execução da obra

Quadro 4. 5: Principais agentes intervenientes no processo de projeto/ produção

4.3.7 Tratamento dos dados e informações obtidas

Os dados e as informações obtidos podem ser agrupados conforme a forma na qual foram coletados, a saber:

- informações qualitativas, coletadas a partir de entrevistas, análise de projetos e observações realizadas pela pesquisadora nos locais dos estudos de caso e que possam ser convertidas para uma escala quantitativa, com a classificação de determinado detalhe como *bom, ótimo, ruim*;
- informações quantitativas, coletadas por meio de questionários respondidos pelos *usuários*.

4.3.8 Análise de resultados e proposição de recomendações de projeto

Durante a APO, foram identificados alguns problemas que foram analisados qualitativamente, buscando compreender suas origens e possíveis falhas de projeto que colaboram para sua ocorrência.

Com essa análise e com os subsídios fornecidos pela revisão de literatura realizada nos Capítulos 2º. e 3º. desta dissertação, puderam ser elaboradas formas de tratamento para cada um desses problemas ainda na fase de projeto/planejamento, conforme esquema esboçado pela Figura 4.3.

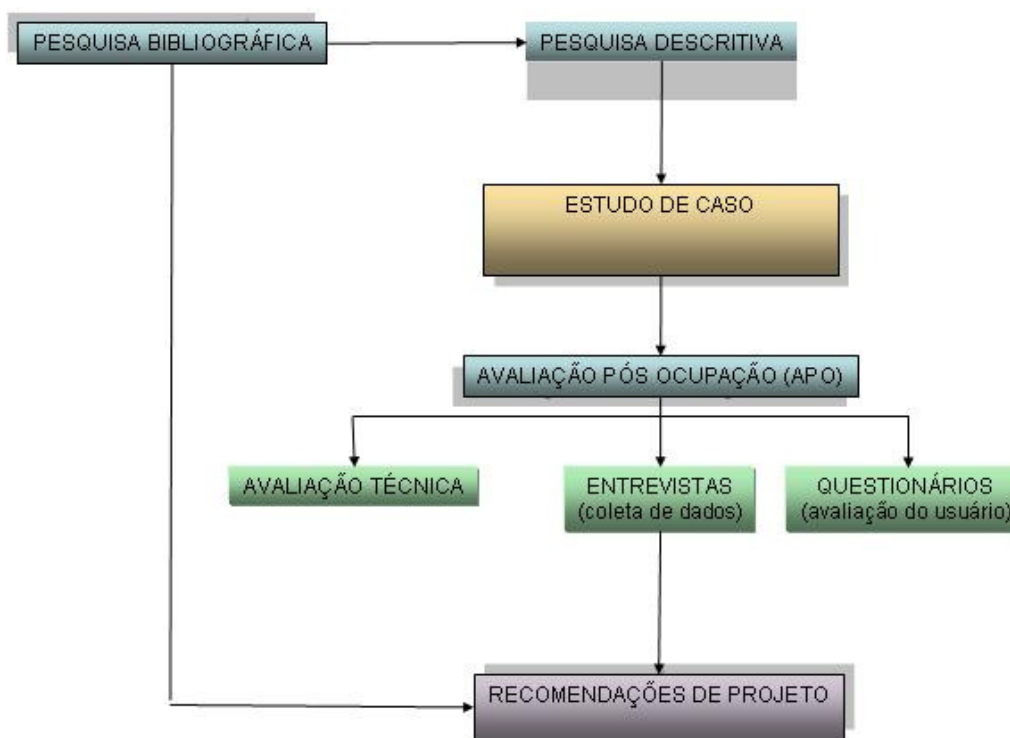


Figura 4. 3: Esquema de desenvolvimento da metodologia da pesquisa

4.4 REALIZAÇÃO DOS ESTUDOS DE CASO

Como já citado, esta pesquisa foi realizada em três etapas básicas: a pesquisa bibliográfica e o diagnóstico preliminar em nove construções (já citados nos itens 4.3.1 e 4.3.2, respectivamente) e a realização dos estudos de caso.

Os estudos de caso constituíram-se, basicamente, na análise de projetos, realização de *entrevistas* para obtenção de informações sobre todo o processo de projeto/produção/execução, além de informações relevantes sobre a manutenção dessas construções em madeira. Além disso, foi também realizada uma *Avaliação Pós-Ocupação* em cada uma das construções, na qual foi possível coletar dados sobre os empreendimentos selecionados para os estudos de caso em sua fase de uso/operação.

4.4.1 Obtenção de informações sobre o processo de projeto/execução e operação

Para obtenção de informações a respeito do processo de projeto, foram realizadas entrevistas às pessoas que participaram não somente da etapa de projeto, visto que em, muito dos casos, o projetista não se encontrava acessível. Portanto, foram entrevistados também os profissionais que participaram das etapas de execução, manutenção/operação de cada empreendimento com a utilização de roteiros, conforme Quadro 4.6. Os profissionais participantes do processo de projeto responderam às perguntas especificadas no ROTEIRO 01 (ver APÊNDICE B).

CONSTRUÇÃO	FASE	ENTREVISTADOS	ROTEIROS
▪ Casa em Piaçu	Projeto	EMPRESA I	Roteiro 01
	Fornecimento da madeira	EMPRESA I	Roteiro 02
	Execução	EMPRESA A e o morador	Roteiro 03
	Uso/operação	moradores e caseiro	Roteiro 04
▪ Chalés Peterly's	Projeto	arquiteto e proprietário	Roteiro 01
	Fornecimento da madeira	EMPRESA I	Roteiro 02
	Execução	EMPRESA B	Roteiro 03
	Uso/operação	administrador e funcionários	Roteiro 04
▪ Creche em Pedra Azul	Projeto	EMPRESA II	Roteiro 01
	Fornecimento da madeira	EMPRESA II	Roteiro 02
	Execução	EMPRESA C	Roteiro 03
	Uso/operação	administrador	Roteiro 04
▪ Alojamentos na reserva de Linhares	Projeto	EMPRESA III	Roteiro 01
	Fornecimento da madeira	EMPRESA III	Roteiro 02
	Execução	EMPRESA D	Roteiro 03
	Uso/operação	administrador	Roteiro 04

Quadro 4. 6: Tipos de entrevistas realizadas em cada edifício

Não foi possível realizar no estudo de caso da casa em Piaçu, uma entrevista com o arquiteto projetista, pois o projeto arquitetônico original era de uma empresa americana e foi trazido para o Brasil pelo proprietário, ficando a cargo do construtor fazer os ajustes necessários para adaptação às condições tecnológicas e de mão-de-obra locais. Portanto, foi escolhido o responsável pela

EMPRESA I, contratada para fornecer a madeira e construir a casa, para responder à entrevista de roteiro 01, relativa ao processo de projeto, já que esta teve que adaptar o projeto original e também fazer todos os cálculos estruturais pertinentes à construção.

No caso dos chalés Peterly's, a entrevista relativa a informações de projeto foi respondida pelo arquiteto e pelo proprietário. A participação do proprietário na entrevista (ROTEIRO 01) foi de suma importância, visto que foi escolha dele a utilização do sistema construtivo em eucalipto roliço, já que o projeto original previa estrutura mista de madeira e alvenaria, sendo adaptado para o sistema construtivo de eucalipto roliço empilhado.

Como no caso da casa em Piaçu, as informações sobre o processo de projeto no estudo de caso 03, creche em Pedra Azul, não foram respondidas pelo arquiteto projetista, pois o projeto da creche é padrão para todas as creches do Instituto Beneficente Jutta Batista e foi conseguido em programas de parceria pela própria fundadora, dona Jutta, juntamente com o restante da execução de toda a obra. Trata-se de um projeto-padrão para creches desenvolvido por uma empresa estrangeira. Assim sendo, foram escolhidos para responder à entrevista de roteiro 01, as EMPRESA C (construtora) e a EMPRESA II, que forneceu todo o eucalipto, assim como foi também responsável pela sua montagem.

Nos alojamentos da reserva florestal da Vale do Rio Doce, as informações relativas ao processo de projeto foram respondidas pela EMPRESA III, já que também, nesse caso, não foi possível o contato com o arquiteto, visto que este se encontrava fora do País. A EMPRESA III, no entanto, participou da concepção do projeto, além de ser responsável pelo fornecimento da madeira e execução de toda a obra, chamada, nesta pesquisa, de EMPRESA D (construtora), podendo assim fornecer todas as informações pertinentes à etapa de projeto do empreendimento.

As entrevistas feitas com o auxílio do ROTEIRO 01 (ver APÊNDICE B), teve como principais objetivos:

- entender como foi desenvolvido o processo de projeto, se neste já havia sido prevista a madeira como principal componente construtivo e o porquê da escolha da madeira na construção;
- identificar quais foram as dificuldades encontradas nessa etapa para o desenvolvimento do projeto, visando à utilização de eucalipto prevista em projeto;
- observar as mudanças e adaptações necessárias em projeto para a execução da construção;
- identificar as medidas adotadas em projeto em relação a impactos ambientais e condicionantes climáticos na região de implantação da construção;
- identificar as medidas adotadas em projeto para garantir a durabilidade da madeira.

A coleta de informações sobre a fase de fornecimento da madeira, feita com o auxílio do ROTEIRO 02 (ver APÊNDICE C), visou à coleta de informações que pudessem esclarecer o tipo de tratamento preservativo dado ao eucalipto e quais foram as maiores dificuldades no fornecimento do material.

Com relação às informações obtidas com o ROTEIRO 03 (ver APÊNDICE D), estas visavam à obtenção de dados relativos à vida útil da edificação, custos iniciais, dificuldades encontradas durante a fase de execução e prazo para conclusão da construção.

Já as entrevistas realizadas com o auxílio do ROTEIRO 04 (ver APÊNDICE E), visaram à coleta de informações, a saber:

- identificar as rotinas e os custos de manutenção do edifício;
- avaliar as condições de manutenção do edifício, se há alguma dificuldade ou manipulação de algum produto tóxico;
- constatar se houve, alguma vez, ataque biológico às peças de madeira;
- identificar as principais insatisfações dos usuários dos edifícios.

4.4.2 Avaliação Pós-Ocupação dos estudos de caso

A APO das edificações selecionadas foi realizada em duas etapas distintas, a saber: a) um *levantamento de arquivo*, que consistiu na análise de projetos e entrevistas a profissionais participantes da concepção do empreendimento; e b) um *levantamento de campo*, constituído por duas etapas básicas: *observações/levantamentos* realizados pela pesquisadora e *pesquisas de opinião* com os usuários.

4.4.2.1 Levantamento de arquivo

O *levantamento de arquivo* consistiu, na maioria dos casos, em análise de projetos e entrevistas aos projetistas e construtores, com exceção do caso em Piaçu, já que a análise de projeto não foi possível pela indisponibilidade de informações documentadas, além de ter sido bastante modificado durante a construção, segundo o construtor. Dessa forma, o levantamento de arquivo ficou restrito à entrevistas com o construtor e com o proprietário da casa.

4.4.2.2 Levantamento técnico

Para auxiliar no levantamento técnico realizado pela pesquisadora, foram utilizadas dois modelos de FICHAS DE AVALIAÇÃO, cujos critérios foram definidos segundo os requisitos de habitabilidade e sustentabilidade previstos no projeto de norma da ABNT (2002). Optou-se por analisar a construção como um todo e também suas partes. Nas FICHAS DE AVALIAÇÃO (APÊNDICES F,

J, L O e R), foi possível avaliar o contexto em que cada construção foi inserida. Com o auxílio das FICHAS DE AVALIAÇÃO (APÊNDICES G, J, M, P e S), foi possível avaliar o desempenho de cada um de seus subsistemas, com o qual é possível avaliar o êxito das medidas de projeto adotadas.

4.4.2.3 Pesquisa com os usuários

No caso dos chalés Peterly's e dos alojamentos da reserva florestal de Linhares, os *questionários* (ver APÊNDICE A) foram respondidos pelos hóspedes para constatar o grau de satisfação e conforto proporcionado ao *usuário*.

Com relação à casa em Piaçu, os usuários foram identificados como os moradores da casa, ou seja, aqueles que passam a maior parte do tempo dentro da construção e aptos a responderem às perguntas do *questionário*, com o qual é possível avaliar o grau de satisfação com a construção.

Finalmente, no caso da creche de Pedra Azul, o *questionário* foi respondido pelos seus funcionários, que também passam longos períodos diários dentro da construção, podendo, também, avaliar a construção quanto a aspectos de conforto.

Com a definição dos *usuários*, foram elaborados os questionários que tinham como pontos centrais: a definição de *requisitos* a serem avaliados pelos *usuários* e a escala de valores adotada para tal avaliação.

Os *requisitos* utilizados no questionário foram definidos de acordo com aspectos de conforto dado ao usuário previstos no projeto de norma da ABNT (2002).

Já a escala de valores previu, para esses estudos de caso, a utilização de quatro conceitos opostos: o conceito de *PÉSSIMO* que se opõe ao conceito *ÓTIMO* e o conceito *RUIM* que se opõe ao conceito de *BOM*.

Para facilitar a compreensão da escala de valores pelo usuário durante sua avaliação, foram atribuídas notas, variando de 0,0 a 10,0, em intervalos correspondentes aos conceitos definidos. Dessa forma, o conceito *PÉSSIMO* ficou atribuído para um intervalo de notas que variam de 0,0 a 2,5; ao conceito *RUIM* o intervalo de 2,6 a 5,0; ao conceito *BOM* de 5,1 a 7,5 e ao conceito *ÓTIMO* de 7,6 a 10,0.

É importante lembrar que, conforme já mencionado no item 4.3.5.2, para a presente pesquisa, cada *usuário* foi entrevistado pela própria pesquisadora, o que facilitou o entendimento do *questionário* pelo *usuário*, já que a pesquisadora sempre estaria presente para esclarecer eventuais dúvidas.

4.4.3 Tratamento dos dados e informações

No Capítulo 5º, serão apresentadas as observações feitas pela pesquisadora durante o *levantamento técnico*, juntamente com os dados obtidos nos *questionários* feitos aos *usuários* das edificações selecionadas para os estudos de caso.

As observações estão apresentadas em tópicos e apresentadas em Quadros, sendo estes distribuídos por assunto ao longo do item 5.2, no Capítulo 5º desta dissertação.

Os dados obtidos na pesquisa realizada com os *usuários* também estão expostos em Quadros, distribuídos ao longo do item 5.2, juntamente com alguns comentários feitos pela pesquisadora, com o intuito de associar os problemas observados durante o *levantamento técnico* às respostas dos usuários.

4.5 ELABORAÇÃO DAS RECOMENDAÇÕES DE PROJETO PARA EDIFICAÇÕES PRÉ-FABRICADAS EM EUCALIPTO

Para a concepção de edificações pré-fabricadas em madeira de reflorestamento, deve-se considerar a concepção do produto, ou seja, do sistema construtivo da edificação, a análise do contexto de inserção e das condições de exposição da edificação para a etapa de montagem/construção e, posteriormente, a fase de uso/manutenção e disposição final. Portanto, as recomendações de projeto foram subdivididas em etapas, conforme será apresentado no capítulo 6 desta dissertação.

As recomendações de projeto expostas foram baseadas na revisão de literatura e nos resultados obtidos durante a APO realizada nos estudos de caso da presente pesquisa. Apesar dos dados obtidos nos estudos de caso sejam provenientes de avaliações feitas em construções tipo *log-home*, essas recomendações poderão ser utilizadas para qualquer tipo de construção pré-fabricada em madeira.

4.6 CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO

A pesquisa descritiva sob a forma de estudos de caso resultou em um método adequado para obtenção de informações e dados relacionados com os métodos de projeto e construção utilizados nas edificações pesquisadas.

Apesar da pouca documentação das fases de projeto das edificações pesquisadas, as entrevistas foram extremamente importantes para a coleta de dados. Os contatos feitos com os fornecedores, projetistas e *usuários*, por meio das entrevistas, foram imprescindíveis, assim como o levantamento técnico, visto que, em algumas edificações, o projeto sofreu diversas alterações.

5.1 INTRODUÇÃO

Para alcançar o objetivo principal desta dissertação, que é a proposição de recomendações de projeto com base no desempenho e sustentabilidade de edificações pré-fabricadas em madeira de reflorestamento, é de suma importância a análise de projetos desse tipo de construção e suas relações com os eventuais problemas observados na edificação durante sua vida útil. Para isso, foram realizados estudos de caso, cuja metodologia foi discutida no Capítulo 4°.

Os estudos de caso envolveram nove edificações durante o diagnóstico preliminar. Foram escolhidas quatro, conforme critérios já discutidos no item 4.3.4, e foram analisadas as fases de projeto, construção e uso/operação, sendo realizados em duas etapas principais: realização de *entrevistas* para obtenção de informações sobre o projeto e construção das edificações e *Avaliação Pós-Ocupação*, com a qual se pode avaliar a fase de uso/operação. Vale lembrar que, para a escolha da amostra a ser pesquisada, foi realizado um diagnóstico preliminar que envolveu visitas técnicas a nove edificações, também em madeira de reflorestamento, e que foi importante para testar as *fichas técnicas* e os *questionários* utilizados na pesquisa.

Sendo assim, neste capítulo, serão apresentados os resultados e conclusões obtidos nos estudos de caso selecionados. Com o auxílio da revisão de literatura apresentada nos Capítulos 2° e 3° e os resultados desses estudos de caso, foi possível elaborar recomendações de projeto visando ao desempenho e à sustentabilidade das edificações pré-fabricadas em madeira de reflorestamento, conforme será apresentado no capítulo 6.

5.2 DESCRIÇÃO DOS ESTUDOS DE CASO

Para a caracterização das amostras pesquisadas, foram elaboradas *fichas técnicas* que pudessem descrever o sistema construtivo utilizado, sua implantação, bem como seus subsistemas, como cobertura, esquadria, vedação, piso e fundação. A descrição detalhada desses subsistemas auxiliou na elaboração de indicadores de desempenho, em que o apuro técnico aferido ao seu detalhamento, influenciou de maneira decisiva na avaliação qualitativa de desempenho. Isso porque os resultados desta avaliação têm profunda ligação com o tratamento dado em projeto e sua análise será importante para subsidiar recomendações de projeto visando ao desempenho e à sustentabilidade de edificações pré-fabricadas em madeira de reflorestamento.

5.2.1 Estudo de caso 01 – casa em Piaçu

Trata-se de uma casa de dois pavimentos, cinco dormitórios, com cerca de 320m² e construída há oito anos, sendo este último o critério que mais pesou para a escolha dessa construção como estudo de caso.

Essa casa fica situada em Piaçu, distrito de Muniz Freire, sul do Estado do Espírito Santo, a cerca de 800m de altitude, ou seja, com temperaturas bem frias durante o inverno. A madeira foi escolhida como componente construtivo pelo cliente que queria uma casa com aspecto estético diferenciado.

O sistema construtivo utilizado foi o de madeira roliça empilhada, formando as paredes estruturais que se cruzam nos vértices da construção, denominado por Ino (1992) de sistema *habilitado* ou *semi pré-cortado*, no qual a madeira sofre o processo de desdobro e corte na seção de uso, sendo executado na obra o restante do processamento, como entalhes, cortes no comprimento de uso e perfurações. Para o encaixe das toras empilhadas, foi utilizado o sistema macho-fêmea com a utilização de pregos para fixação das toras, conforme Figura 5.1, sendo, depois de sete anos da construção, feita uma calafetação com pó de serra e cola que serve para vedar eventuais frestas ocasionadas pela instabilidade dimensional da madeira. A ficha técnica da construção está detalhada no APÊNDICE H.

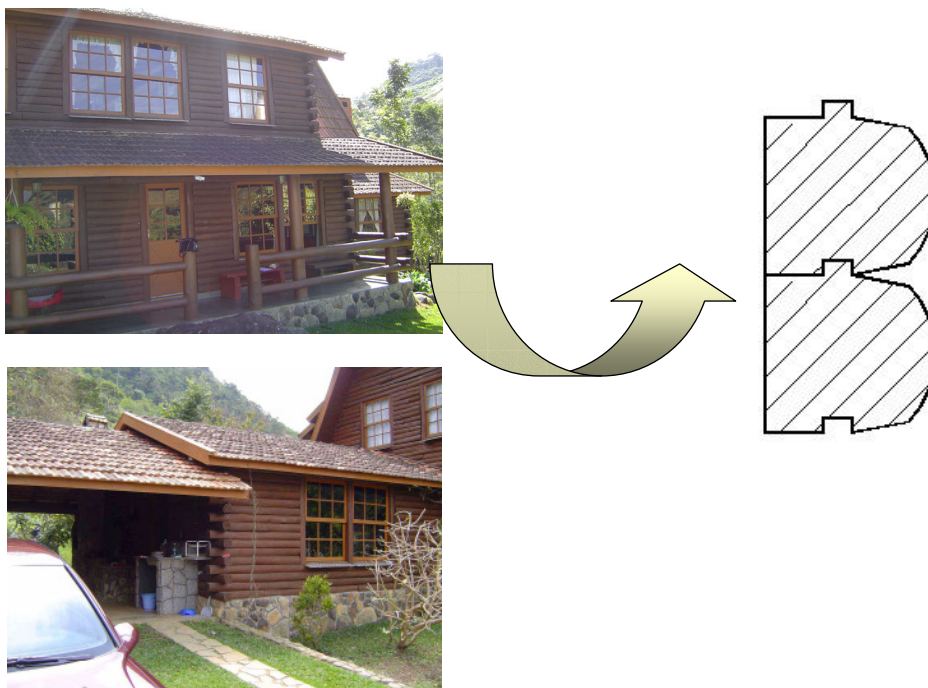


Figura 5. 1: Vista geral da casa em Piaçu e detalhe do encaixe das toras

5.2.1.1 O processo de projeto

Como mencionado no item 4.4.1, não foi possível realizar uma entrevista com o arquiteto, pois o projeto original da residência é de uma empresa americana, sendo adaptado, pelo construtor, para tecnologia e mão-de-obra locais.

Neste caso, a empresa que forneceu a madeira foi a mesma que executou toda a obra. Para isso, a empresa elaborou projetos de detalhamento tanto das peças para produção, quanto para execução *in loco* da edificação.

Em entrevistas com os proprietários, pôde-se constatar uma grande satisfação com o arranjo físico final da edificação, ou seja, com a distribuição dos ambientes da casa. No entanto, sabe-se que, por se tratar de um projeto adaptado, essa distribuição foi bastante modificada no decorrer da execução da edificação, por vontade dos proprietários.

Esse processo gera conseqüências diretas na execução da obra. Pode-se afirmar que a ausência de um projeto devidamente planejado e detalhado contribuiu para a falta de planejamento e controle do fornecimento das peças, gerando emendas entre peças de madeira no subsistema vedação.

Também como conseqüência desse processo, há o atraso na execução, inviabilizando-o para fabricação de casas pré-fabricadas de madeira, em que o projeto funciona como instrumento para racionalização construtiva.

5.2.1.2 Levantamento técnico

No Quadro 5.1, estão apresentados os maiores problemas detectados pela pesquisadora, dentre os requisitos de desempenho avaliados, considerando a edificação como um todo, durante o levantamento técnico. A FICHA DE AVALIAÇÃO utilizada pela pesquisadora está detalhada nos APÊNDICE F e G.

A edificação apresenta um nível de conservação bastante satisfatório, fato que pode ser explicado por causa de uma recente aplicação de um hidrofugante/hidrorrepelente no tom de imbuia, que afere um aspecto estético agradável, apesar de ter alterado a cor natural do eucalipto.

Observam-se, também, cuidados com relação a pontos de possível retenção de umidade, como é o caso dos peitoris de granito das janelas, que se projetam para o exterior da edificação, com inclinação suficiente para o escoamento da água de chuva (Figura 5.2). No entanto, puderam ser observadas algumas adaptações feitas no intuito de prevenir a deterioração da madeira em

função da unidade, como é o caso da junção de um dos telhados com o pano de parede da fachada (Figura 5.3).

DURABILIDADE	<ul style="list-style-type: none"> Foram observados problemas relativos ao escoamento de água pluvial do telhado na interface entre o beiral do telhado e a parede; foi adaptada uma calha, que não estava prevista em projeto
ADEQUAÇÃO AMBIENTAL	<ul style="list-style-type: none"> Apesar de a pesquisadora não ter acompanhado a fase de montagem da edificação, a presença de emendas nas peças utilizadas para vedação sugere a falta de planejamento durante a montagem. Isso implica a possibilidade de maiores desperdícios e produção de resíduos durante essa fase O sistema utilizado, com toras empilhadas encaixadas e pregadas, ou seja, com a utilização de pregos, pode inviabilizar a sua reutilização e, já que o eucalipto utilizado foi tratado com CCA, verificam-se problemas com a disposição final do material
CONFORTO ACÚSTICO	<ul style="list-style-type: none"> O isolamento acústico entre os pisos (térreo e superior) ficou comprometido pela colocação de assoalho de madeira no pavimento superior sem nenhum tratamento acústico previsto em projeto.
CONFORTO LUMÍNICO	<ul style="list-style-type: none"> A aplicação do hidrofugante/hidrorrepelente tonalizante (tom de imbuia) pode comprometer a iluminação de algumas áreas da edificação, mesmo estando estas bem servidas de iluminação natural
ESTANQUEIDADE	<ul style="list-style-type: none"> Apesar de a edificação ter sido calafetada com pó de serra e cola para vedar as frestas ocorridas durante a secagem e as emendas em peças de madeira, estas podem comprometer a estanqueidade da edificação

Quadro 5. 1: Levantamento técnico – principais problemas observados na casa em Piaçu



Figura 5. 2: Detalhamento dos peitoris das janelas da casa em Piaçu

No que diz respeito ao gerenciamento de recursos, o processo construtivo utilizado não valorizou a utilização racional da madeira, pois, além de o projeto ter sido adaptado no decorrer da obra e as peças, apesar de virem cortadas e entalhadas da serraria, ainda foram

necessários alguns ajustes dimensionais durante a obra. Nesse caso, puderam ser observadas emendas de peças no mesmo pano de parede, o que sugere que cortes foram feitos no local da obra (Figura 5.4).

Com isso, nota-se que alguns resíduos provenientes dos cortes foram utilizados na própria casa (Figura 5.4). Por um lado, isso demonstra uma preocupação com o aproveitamento total das peças, mas por outro lado, tais emendas podem comprometer o isolamento térmico da edificação. E, ainda, se tais emendas estiverem em paredes externas desprotegidas de coberturas, podem comprometer a estanqueidade da edificação.

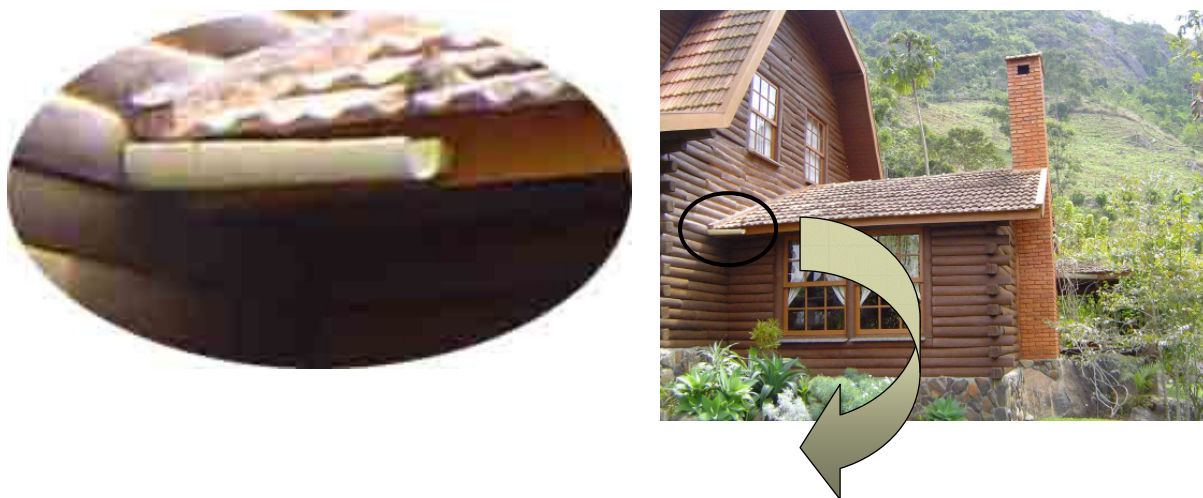


Figura 5. 3: Adaptação de calha para coleta de água pluvial na casa em Piaçu

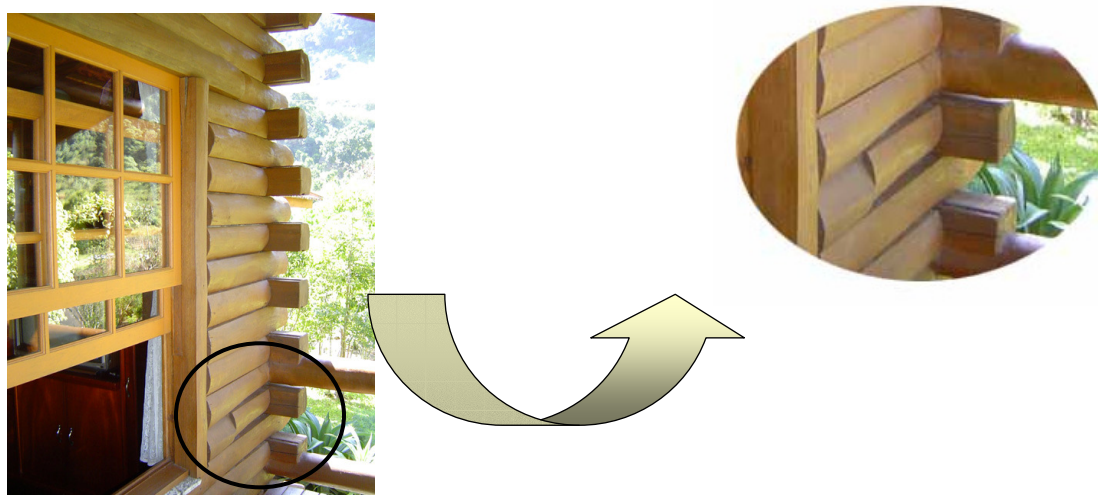


Figura 5. 4: Vista e detalhes das emenda em peças de eucalipto na casa em Piaçu

Destacam-se, ainda, os materiais utilizados na construção, que, além de apresentarem bom desempenho quanto à durabilidade, são materiais com pouca energia incorporada em seu processamento e encontrados na região, como o eucalipto tratado, pedra e telha cerâmica. No entanto, o eucalipto tratado à base de CCA, como foi visto no Capítulo 3º, apesar de apresentar bom desempenho quanto à proteção conferida à madeira em relação a agentes biodeterioradores, sua disposição final, tanto dos resíduos da obra quanto na sua futura demolição, é comprometida, visto que se trata de um material tóxico ao meio ambiente, apesar de não lixiviável.

Nesse caso, como as toras foram encaixadas umas sobre as outras e, posteriormente, fixadas com pregos, a reutilização das peças pode ser comprometida, já que ligações pregadas podem produzir fendas ou rupturas durante a pregação, que podem diminuir a aderência dos pregos ao material lenhoso (BITTENCOURT,1995).

Com relação a custos da construção, em entrevista com o proprietário, estimou-se para os dias atuais valores gastos em torno de R\$ 500,00/m² da construção. Apesar de os proprietários não terem informações concretas com os gastos de manutenção exigidos pela casa, eles observam que, excluindo a manutenção necessária após o período de estabilidade dimensional da madeira, a manutenção feita na casa nada difere da de uma casa convencional.

Outro ponto que merece destaque é que não foi observada pela pesquisadora possível colonização de fungos ocasionados pela umidade normalmente retida na madeira. No entanto, em entrevistas aos moradores, eles observaram a ocorrência de alguns insetos, como barbeiro e escorpião, que tiveram suas entradas no interior da casa facilitadas por alguma fresta não vedada (no período em que não foi feita a calafetação com pó de serra e cola). Após a execução dessa calafetação, nenhum outro tipo de inseto foi observado pelos moradores.

Em relação às condições de conforto ao usuário, a pesquisadora observou aspectos positivos quanto a isolamento térmico. Por estar localizada em local frio, a madeira, considerando a calafetação para a eliminação das frestas, apresenta bom desempenho térmico. Além disso, o projeto hidrossanitário da casa previu água quente em todas as torneiras, proveniente de aquecimento a gás. Nesse caso, o aquecimento solar não era indicado pelo fato de a casa se localizar num vale, no qual o sol, em determinadas estações do ano, aparece pouco durante o dia.

Quanto às condições de iluminação, observou-se que o tingimento do eucalipto durante a aplicação do hidrofugante escureceu a área interna da casa, apesar de ser bem servida de iluminação natural.

A respeito das condições de isolamento acústico, o piso do segundo pavimento, que consiste em um assoalho de madeira simples, permite a passagem de certos ruídos para o andar inferior, evidenciando que não foi dado nenhum tipo de tratamento em projeto para que houvesse isolamento acústico entre os pisos.

Apesar de todos os problemas verificados durante o levantamento técnico, pode-se afirmar que a edificação apresenta um grau de conforto satisfatório para os usuários, fato que pode ser observado nos resultados da pesquisa realizada com os usuários, apresentados no item 5.2.1.3. Dentre os problemas observados, o requisito que mais compromete seu desempenho é a adequação ambiental, pois foi notado que a durabilidade da madeira foi confiada ao uso de tratamento preservativo (CCA). A falta de racionalização durante a construção, consequência da ausência de informações e detalhes de projeto, ocasionou o surgimento de resíduos que comprometem a sustentabilidade da edificação.

5.2.1.3 Pesquisa com os usuários

No Quadro 5.2, podem ser observados os resultados das respostas atribuídas à casa em Piaçu e a consequente classificação entre os conceitos (*Péssimo, Ruim, Bom, Ótimo*).

COMO VOCÊ CLASSIFICA? (USUÁRIO)	PÉSSIMO 0,0 a 2,5	RUIM 2,6 a 5,0	BOM 5,1 a 7,5	ÓTIMO 7,6 a 10,0	Número total de usuários entrevistados = 2
1. As condições de conforto térmico (ventilação e temperatura dos ambientes internos)	-	-	-	2	
2. As condições de conforto acústico (interferência de ruídos internos e externos)	-	1	-	1	
3. As condições de iluminação	-	-	2	-	
4. Conforto tátil (umidade, temperatura e rugosidade nas superfícies de modo geral)	-	-	-	2	
5. As condições de estanqueidade (quando chove, entra água na construção?)	-	-	2	-	
6. A integração da construção com o entorno	-	-	-	2	

Quadro 5. 2: Resultados das respostas dos usuários na pesquisa

Observa-se que os proprietários estão satisfeitos em relação às condições de conforto térmico, avaliando positivamente o desempenho térmico da edificação, assim como a pesquisadora. Porém a falta de isolamento acústico entre os pisos, observada durante o levantamento técnico, interfere, na classificação de um dos proprietários, que é músico, e, talvez por isso, a

diferença no grau de exigência observado na classificação em relação ao conforto acústico da casa.

No que se refere às condições de iluminação, os proprietários são unânimes em apontar o tingimento da madeira no tom de imbuia, um fator que compromete para uma condição *ótima* de iluminação, conforme também observado pela pesquisadora no levantamento técnico.

Outro aspecto que merece destaque é a estanqueidade da construção. Durante a entrevista, os proprietários mencionaram problemas decorrentes de infiltração de água no interior da construção, que, no entanto, foram sanados. Aparentemente, esse problema foi solucionado com a introdução da calafetação nas frestas da madeira.

5.2.2 Estudo de caso 02 – chalés Peterly's

Este estudo de caso se refere a um conjunto de chalés, situados em Pedra Azul, sul do Estado do Espírito Santo, com planta baixa quadrada, dispostos equidistantes uns dos outros em terreno íngreme e que fazem parte da estrutura oferecida pela pousada Peterly's. Esses chalés foram construídos com o sistema construtivo de eucalipto roliço empilhado formando as paredes estruturais que se cruzam nos vértices da construção. Na varanda, um dos apoios do telhado foi atribuído a um pilar de madeira nativa. O chalé é constituído de uma sala de estar com lareira, um banheiro, um quarto e uma varanda e foram inaugurados no ano de 1998.

Para o encaixe das toras empilhadas, foi utilizado o sistema macho e fêmea. Após dois anos de construção, foi feita uma calafetação com pó de serra e cola que serve para vedar eventuais frestas ocasionadas durante o período de variação dimensional da madeira. A ficha técnica da construção está detalhada no APÊNDICE K.

A fundação dos chalés foi feita com a chumbeação das paredes estruturais da edificação numa cinta de concreto, o que pode comprometer a durabilidade do subsistema fundação, caso não tenha sido prevista a drenagem do concreto. Primeiramente, foram previstos em projeto apenas sete unidades de hospedagem, porém a declividade do terreno e a implantação dos chalés favoreceram o surgimento de mais unidades de hospedagem com o aproveitamento do espaço abaixo da laje de piso, ocupado somente pelos pilares da fundação (Figura 5.5 e 5.6).



Figura 5. 5: Planta baixa, corte e implantação dos chalés



Figura 5. 6: Vista geral do chalé Peterly`s e detalhe dos encaixes das toras

5.2.2.1 O processo de projeto

Neste caso, o projeto arquitetônico original não previa a utilização do sistema *log-home*. No decorrer da obra, foram feitas adaptações para o sistema de eucalipto roliço empilhado, que, apesar do resultado estético satisfatório, resultou em alguns problemas relacionados com o planejamento do fornecimento da madeira e na racionalização do material.

5.2.2.2 Levantamento Técnico

No Quadro 5.3, estão descritos os principais problemas observados durante o levantamento técnico pela pesquisadora. A FICHA DE AVALIAÇÃO utilizada pela pesquisadora está detalhada nos APÊNDICES I e J.

O sistema construtivo utilizado foi o sistema construtivo em eucalipto *semi pré-cortado*, que é semelhante ao estudo de caso 01, já que a empresa fornecedora do eucalipto é a mesma (EMPRESA I). A presença de emendas em peças de eucalipto num mesmo pano de parede denota também a falta de racionalização construtiva.

ASPECTOS ECONÔMICOS	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Talvez pelo custo de reposição, notou-se a necessidade de reaplicação do hidrofugante nas fachadas voltadas para o sol da tarde, por questões estéticas
DURABILIDADE	<ul style="list-style-type: none"> ▪ As paredes estruturais de madeira estão chumbadas numa cinta de concreto, colocando a madeira em contato direto com o concreto
ADEQUAÇÃO AMBIENTAL	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Também neste caso, como no caso da casa em Piaçu, apesar de a pesquisadora não ter acompanhado a fase de montagem da edificação, a presença de emendas nas peças utilizadas para vedação sugere a falta de planejamento durante a montagem. Isso implica a possibilidade de maiores perdas e produção de resíduos durante esta fase ▪ O sistema utilizado, com toras empilhadas encaixadas e pregadas, ou seja, com a utilização de pregos, pode inviabilizar a sua reutilização e, já que o eucalipto utilizado foi tratado com CCA, verificam-se problemas com a disposição final do material
CONFORTO ACÚSTICO	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Embora não tenham sido feitas medições dos níveis de ruído, o isolamento acústico dos chalés é comprometido pela forma na qual o revestimento de piso (frisos de madeira) dos chalés foi instalado. Os frisos de madeira foram colocados sobre barotes apoiados na laje de piso. Assim, os frisos ficaram sem contato com a laje de piso, o que compromete a absorção de ruídos
CONFORTO LUMÍNICO	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Embora não tenham sido feitas medições dos níveis de iluminação, os pontos de iluminação artificiais disponíveis são insuficientes para leitura.
ESTANQUEIDADE	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Também neste caso, há emendas em peças de eucalipto e frestas ocorridas durante a secagem das peças de madeira que podem comprometer o desempenho térmico da edificação
HIGIENE	<ul style="list-style-type: none"> ▪ As frestas decorrentes da retração da madeira durante a secagem dificultam a limpeza, podendo colaborar para a colonização de fungos

Quadro 5. 3: Levantamento técnico – principais problemas observados nos chalés Peterly's

No que tange a aspectos estéticos e de conservação, a pesquisadora observou que, em algumas fachadas, principalmente as voltadas para o sol da tarde, há necessidade da reaplicação do hidrofugante, pois as toras de eucalipto já estão apresentando um tom esverdeado, caracterizado pelo tratamento preservativo aplicado (Figura 5.7). No entanto, internamente, o estado de conservação é bastante satisfatório. A aplicação do hidrofugante incolor valorizou os aspectos naturais do eucalipto utilizado. Podem ser observadas também, nessa mesma

Figura 5.7, emendas em toras de eucalipto, como na casa em Piaçu, que podem influenciar a estanqueidade da edificação.

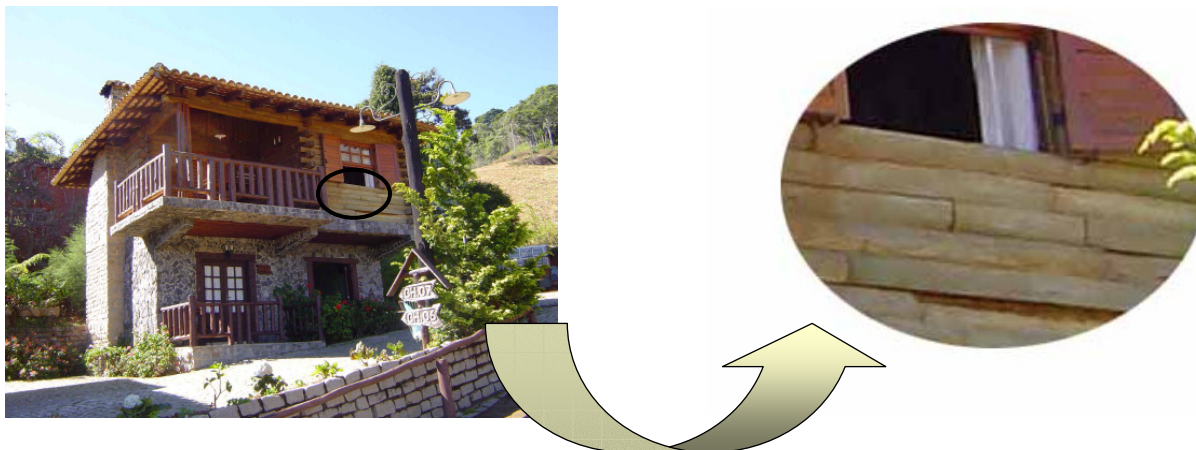


Figura 5. 7: Vista e detalhe da fachada oeste do chalé Peterly's

Em relação aos custos iniciais da construção, o proprietário considera que os valores gastos com as construções em madeira foram semelhantes aos gastos com os apartamentos em alvenaria. Para os custos de manutenção, o proprietário analisa comparativamente a manutenção dos chalés em madeira e dos apartamentos em alvenaria e considera que em quase nada se diferencia em termos financeiros. A única diferença consiste na aplicação do verniz hidrofugante, em prazos periódicos que, no caso dos apartamentos em alvenaria, é substituído pela aplicação de pintura acrílica para as paredes internas dos apartamentos, já que, externamente, estas foram revestidas em pedra.

Acerca dos materiais utilizados, eucalipto e pedra, pode-se dizer que são materiais que necessitam de pouca energia durante seu processo de fabricação e foram extraídos de regiões próximas à obra. A utilização do eucalipto tratado à base de CCA também confere durabilidade ao eucalipto, deixando-o imune a organismos biodeterioradores. No entanto, seu uso é comprometido, visto que transforma a madeira em um material tóxico ao meio ambiente, quando da sua disposição final.

Em entrevistas com os funcionários de manutenção da pousada, estes afirmam que não é notada a presença de insetos e que a manutenção interna feita nos chalés não é diferente da manutenção interna dada aos apartamentos. No entanto, a pesquisadora observou algumas gretas de difícil manutenção, resultantes de uma secagem da madeira mal conduzida, o que pode colaborar para a colonização de fungos. Por outro lado, por estarem situados numa

região descampada, os chalés usufruem uma excelente ventilação, colaborando para a renovação interna do ar.

No que diz respeito a conforto ambiental, os chalés apresentam um aproveitamento regular da iluminação natural, mas um bom desempenho higrotérmico. É notada uma certa insuficiência quanto à iluminação artificial nos ambientes internos para leitura, principalmente no quarto. Com relação ao conforto térmico, a pesquisadora realizou medições nos chalés de madeira e nos apartamentos de alvenaria, com a ajuda de termômetros eletrônicos e observou que os desempenhos térmicos destes são similares.

Além disso, o projeto hidrossanitário dos chalés previu água quente em todas as torneiras, proveniente de aquecimento a gás, o que não foi previsto para os apartamentos em alvenaria. Porém, foi observado um grande desperdício de água nas torneiras até a chegada da água quente. Não houve, nesse caso, aproveitamento de energia solar, o que poderia ter sido considerado durante a construção, visto que a implantação dos chalés em terreno descampado poderia usufruir a captação de energia solar que é gratuita e limpa.

A respeito das condições de isolamento acústico, o piso dos chalés, apesar de serem constituídos de assoalho sobre laje, sua instalação foi comprometida. Os barrotes para instalação dos frisos de madeira foram colocados sobre a laje, fazendo com que as tábuas ficassem apoiadas somente sobre estes barrotes, sem contato com a laje, colaborando para o surgimento de ruídos. Isso poderia ter sido resolvido com um detalhamento adequado de projeto que recomendasse a fixação dos barrotes na laje (Figura 5.8).

É interessante também citar que um dos chalés foi todo adaptado para a acessibilidade de deficientes físicos, fato interessante a ser observado já que se trata de uma pousada que não pode restringir o acesso a nenhum tipo de hóspede.

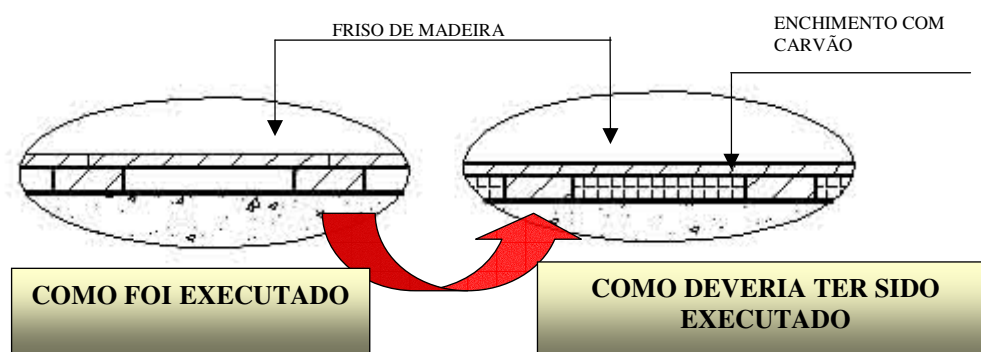


Figura 5. 8: Detalhe da execução do piso e recomendação para futura execução

5.2.2.3 Pesquisa com os usuários

No Quadro 5.4, podem ser observados os resultados das respostas atribuídas aos chalés Peterly`s e a conseqüente classificação entre os conceitos (*Péssimo, Ruim, Bom, Ótimo*).

Por esses resultados, pode-se observar que as condições de conforto acústico e iluminação são os requisitos que mais comprometem o desempenho da edificação.

Em relação ao conforto acústico, como mencionado anteriormente, a instalação dos barrotes apoiados na laje para fixação dos frisos de madeira, observado pela pesquisadora durante o levantamento técnico, é um fator que colabora para o comprometimento do desempenho acústico da edificação, o que pode ser confirmado pelos resultados das respostas dos usuários.

COMO VOCÊ CLASSIFICA? (USUÁRIO)	PÉSSIMO 0,0 a 2,5	RUIM 2,6 a 5,0	BOM 5,1 a 7,5	ÓTIMO 7,6 a 10,0	Número total de usuários entrevistados = 10
1. As condições de conforto térmico (ventilação e temperatura dos ambientes internos)	-	1	5	4	
2. As condições de conforto acústico (interferência de ruídos internos e externos)	1	3	6	-	
3. As condições de iluminação	-	5	1	4	
4. Conforto tátil (umidade, temperatura e rugosidade nas superfícies de modo geral)	-	1	5	4	
5. As condições de estanqueidade (quando chove, entra água na construção?)	-	-	-	10	
6. A integração da construção com o entorno	-	-	-	10	

Quadro 5. 4: Resultados das respostas dos usuários na pesquisa

A diferença na classificação de conforto acústico pelos usuários entrevistados pode estar ligada ao fato de que os ruídos que comprometem o desempenho acústico da construção são gerados pelos próprios usuários, ou seja, dependente de seu próprio comportamento durante o uso na edificação, já que não há interferência de ruídos externos.

A ausência de suficiente iluminação artificial no interior dos chalés, como também observada pela pesquisadora, é apontada pelos usuários como a principal razão de insatisfação em relação ao desempenho lumínico da edificação, o que pode ser solucionado com o acréscimo de pontos de iluminação direcionados para leitura.

5.2.3 Estudo de caso 03: creche em Pedra Azul

Neste estudo de caso, foi avaliada uma construção que utilizou como estrutura principal o sistema pilar-viga em eucalipto roliço e vedação mista de alvenaria e eucalipto roliço empilhado. Essa construção abriga uma creche municipal que atende à comunidade local e

está situada na vila de Pedra Azul em Domingos Martins, em funcionamento desde o ano de 2000. Trata-se de uma construção que abriga quatro salas de aula com quatro banheiros, além de área administrativa e de apoio, constituindo 416m² de área construída (Figura 5.9). A ficha técnica da construção se encontra detalhada no APÊNDICE J.

5.2.3.1 O processo de projeto

O projeto original é estrangeiro e foi planejado para o sistema de alvenaria convencional, tendo sido adotado por todos os municípios do Estado do Espírito Santo que mantêm parceria com o Instituto Beneficente Jutta Batista. Nesse caso, o eucalipto foi empregado na construção por conta de uma parceria feita com a EMPRESA II, que forneceu o eucalipto e a montagem do sistema gratuitamente.

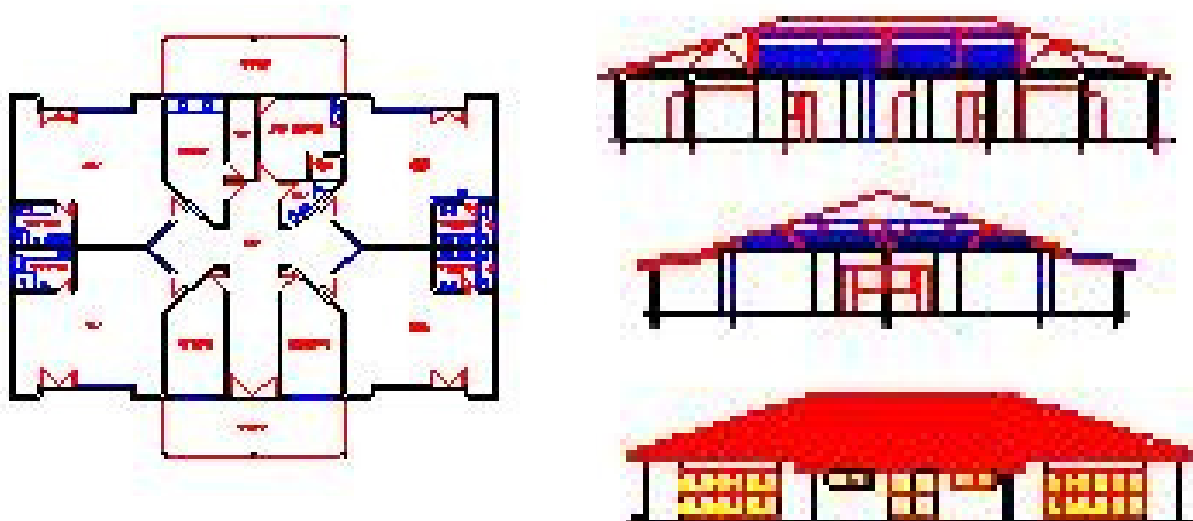


Figura 5. 9: Planta baixa, cortes e fachadas da creche de Pedra Azul

Nesse caso, apesar de o projeto original não prever a utilização de madeira, nem na estrutura principal, nem na vedação, nota-se que houve um planejamento no fornecimento das peças de madeira, evitando-se, assim, emendas no subsistema vedação.

5.2.3.2 Levantamento técnico

O sistema de encaixes das toras sobrepostas utilizado é também macho-fêmea, só que com outra variação (Figura 5.10), com peças mais robustas que nos outros casos, com o uso de toras de 25cm de diâmetro em média. A fundação da construção foi feita apoiada em blocos isolados, sendo a estrutura principal, como já mencionada, em eucalipto roliço em sistema

pilar-viga. Além da vedação mista de eucalipto roliço e alvenaria, as esquadrias de alumínio também compõem a fachada da construção.



Figura 5. 10: Vista frontal da creche de Pedra Azul e detalhe do encaixe das toras

No Quadro 5.5, estão citados os principais problemas verificados durante o levantamento técnico, os quais comprometem o desempenho da edificação no atendimento a alguns requisitos dos usuários.

Em relação à implantação da creche, pode ser observado que, por ser plano, facilita a utilização da área externa pelas crianças. Além disso, a creche está localizada dentro da vila de Pedra Azul, com fácil acesso para transporte, atendendo de maneira satisfatória à comunidade local.

O sistema construtivo utilizado é o pilar-viga com eucalipto roliço e vedação mista de eucalipto empilhado, conforme visto na Figura 5.10 e alvenaria. O processo construtivo adotado é o *pré-cortado* que, segundo Ino (1992), é o processo pelo qual os componentes já saem da oficina cortados no comprimento e na seção de uso, ficando, para execução em obra, apenas a montagem das peças. Esse processo apresentou um ótimo resultado, pois, entre o encaixe das peças roliças, foi adicionado mastique e lã de rocha, o que favoreceu a estanqueidade do sistema. Há também menos desperdícios e resíduos gerados durante a construção, já que as peças são enviadas à obra sob medida, ficando somente necessária a montagem das peças *in loco*. Porém, a estanqueidade da edificação ficou comprometida no subsistema cobertura, já que as peças estruturais do telhado foram inicialmente mal dimensionadas, resultando no aparecimento de goteiras dentro da construção.

ASPECTOS ECONÔMICOS	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Notou-se a necessidade de reaplicação do hidrofugante nas fachadas, por questões estéticas de conservação, já que a madeira perde sua tonalidade natural e passa a ficar esverdeada, tom característico do tratamento preservativo aplicado
ESTANQUEIDADE	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Apesar de o sistema de vedação não apresentar frestas, a estanqueidade da edificação ficou comprometida pelo subsistema cobertura, que inicialmente foi mal dimensionado, ocasionando goteiras no interior da construção e que estão sendo reparadas para solução do problema
CONFORTO TÉRMICO	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Neste caso também, apesar do subsistema vedação não comprometer o desempenho térmico da edificação, o subsistema piso compromete o conforto térmico dos usuários por causa da utilização de revestimento cerâmico, piso frio, que, apesar da facilidade de manutenção, no clima frio lá existente, não proporciona conforto aos seus <i>usuários</i> ▪ A quantidade de aberturas e o detalhamento das esquadrias de alumínio não favorecem o conforto térmico da edificação
CONFORTO TÁTIL	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Também, como consequência da utilização de piso frio, o conforto tátil das crianças que não andam, é comprometido, já que, na maior parte do ano, as temperaturas da região são baixas

Quadro 5. 5: Levantamento técnico – principais problemas observados na creche Jutta Batista (Pedra Azul)

Assim como os chalés Peterly's, notou-se a necessidade de reaplicação do hidrofugante nas peças de eucalipto utilizadas nas fachadas, porém, por razões meramente estéticas, já que a falta de aplicação desse produto não comprometeu o desempenho das peças de eucalipto. Nesse caso, a administração da creche só realizou uma aplicação do hidrofugante, logo após a obra concluída e, desde então, não foi feita reaplicação desse produto. Pode ser observado, na Figura 5.11, que o tom esverdeado na madeira provocado pelo tratamento preservativo já está caracterizado e é uma consequência da falta de aplicação do verniz hidrofugante.

Nesse caso, não foi possível coletar dados com relação aos custos iniciais da construção, já que a obra foi custeada por parcerias feitas com o Instituto Jutta Batista e os dados não estão disponíveis. No entanto, os custos de manutenção, exceto pela reforma que foi necessária para resolver as infiltrações ocasionadas pelos problemas causados pelo telhado, é convencional. Porém, nota-se uma certa dificuldade, talvez por se tratar de um empreendimento que conta com verba municipal e doações, em relação à aplicação do hidrofugante, que substitui os gastos com pintura numa edificação convencional.

A empresa que forneceu a madeira (EMPRESA II) realiza uma manutenção, como parte da garantia dada ao sistema construtivo, na qual é feito um aperto entre as toras para eliminação de frestas. Essa manutenção é feita uma vez por ano durante os três primeiros anos (fase em

que o eucalipto utilizado na vedação ainda compromete a estabilidade dimensional da estrutura).



Figura 5. 11: Detalhe da fachada da creche que mostra o aspecto causado pela falta do hidrofugante

No que tange aos materiais utilizados na construção, pôde-se notar que a combinação da alvenaria com a madeira obteve um excelente resultado. No entanto, a escolha da esquadria de alumínio como terceiro componente da vedação destoa do restante, já que é um material que apresenta uma grande quantidade de energia incorporada durante sua produção. Nesse caso, a quantidade de aberturas e o projeto dessas esquadrias não observaram nenhum tipo de isolamento adequado, tanto no requisito acústico, como especialmente o térmico. Entretanto, o material utilizado na construção que mais compromete seu desempenho térmico foi o piso cerâmico utilizado. A utilização de cerâmica no piso em uma região em que, durante o outono e inverno, a temperatura chega a atingir 2° C compromete todo o desempenho térmico da construção. Além disso, o projeto hidrossanitário não previu água quente nas torneiras, o que também compromete o conforto proporcionado ao usuário. Nas duchas foram utilizados chuveiros elétricos para o aquecimento da água.

Ainda no que diz respeito aos materiais utilizados na construção, nota-se também a presença de CCA, que confere ótima durabilidade ao sistema. No entanto, o sistema utilizado é todo encaixado por parafusos, viabilizando a utilização deste em projetos de reforma ou ampliação e ainda maximizando a vida útil da construção. Nesse caso, a pesquisadora não observou emendas, fato que mostra o grau de racionalização do sistema, não ocorrendo cortes feitos no local, nem frestas, ocasionadas pela estabilidade dimensional da madeira. Isso pode ser consequência da utilização de madeira mais seca e também de toras mais robustas, ou seja,

com maior controle de qualidade durante o processo de fabricação, que, por um lado, melhora a durabilidade da madeira, já que o produto preservativo pode penetrar em maior quantidade na peça, além da retratilidade ser reduzida, resultando em menor probabilidade de fissuras. Porém isso também leva a um aumento do custo do tratamento preservativo, já que o volume de madeira a ser tratada é maior, tanto pelo fato de as peças de madeira serem mais robustas, como as toras estarem mais secas e absorverem maior quantidade do produto aplicado. No entanto, a racionalização do sistema e o cuidado, durante a montagem das peças, resultou num sistema de fácil remontagem e reaproveitamento das peças.

Não foi observada pela pesquisadora a presença de insetos, fato confirmado pelos funcionários e, apesar de as toras sobrepostas apresentarem superfícies côncavas, tanto externamente quanto internamente, não foram notadas gretas de difícil manutenção para limpeza.

Também, nesse caso, foi interessante observar que todos os banheiros das salas de aula foram adaptados para o uso das crianças, conforme Figura 5.12, facilitando o acesso delas aos sanitários.



Figura 5. 12: Banheiro da sala de aula da creche adaptado para crianças

5.2.3.3 Pesquisa com os usuários

No Quadro 5.6, podem ser observados os resultados das respostas atribuídas à creche Pedra Azul e a consequente classificação entre os conceitos (*Péssimo, Ruim, Bom, Ótimo*).

Conforme pôde ser observado no levantamento técnico, a estanqueidade é o requisito que mais compromete o atendimento às exigências dos usuários. O fato de já ter entrado água na construção através pelo telhado e este, apesar de ter sofrido reformas, ainda apresentar

problemas, faz com que alguns usuários classifiquem como *ruim* o desempenho da edificação quanto às condições de estanqueidade.

Em relação a conforto tátil, problema de desempenho observado pela pesquisadora durante o levantamento técnico, as mais prejudicadas são as crianças da creche que ainda não andam, tendo contato do corpo com o subsistema piso. Apesar de os usuários selecionados para responder à pesquisa classificarem como *bom* o desempenho da edificação, observa-se que esse requisito realmente compromete de forma significativa o conforto térmico das crianças, já que nas salas de aula são utilizadas medidas paliativas, como a colocação de edredons no piso para que elas possam se locomover.

COMO VOCÊ CLASSIFICA? (USUÁRIO)	PÉSSIMO 0,0 a 2,5	RUIM 2,6 a 5,0	BOM 5,1 a 7,5	ÓTIMO 7,6 a 10,0	Número total de usuários entrevistados = 5
1. As condições de conforto térmico (ventilação e temperatura dos ambientes internos)	-	-	5	-	
2. As condições de conforto acústico (interferência de ruídos internos e externos)	-	-	-	5	
3. As condições de iluminação	-	-	-	5	
4. Conforto tátil (umidade, temperatura e rugosidade nas superfícies de modo geral)	-	-	4	1	
5. As condições de estanqueidade (quando chove, entra água na construção?)	-	2	2	1	
6. A integração da construção com o entorno	-	-	3	2	

Quadro 5. 6: Resultados das respostas dos usuários na pesquisa

5.2.4 Estudo de caso 04: alojamentos da reserva em Linhares

A estrutura de hospedagem da CVRD na Reserva Florestal de Linhares contempla edificações em alvenaria tradicional e edificações com sistema construtivo em madeira do tipo *log*. No entanto, a avaliação das edificações para esta pesquisa se limitou somente às edificações em madeira.

São três as unidades de hospedagem em que foi utilizada madeira como principal material construtivo. Dentre essas edificações em madeira foram encontradas algumas diferenças nas soluções construtivas de alguns subsistemas dessas unidades de hospedagem, conforme Quadro 5.7. A *ficha técnica* encontra-se mais detalhada nos APÊNDICES K e L.

Os alojamentos estão situados na Reserva Florestal da Vale do Rio Doce em Linhares, norte do Estado do Espírito Santo, onde o tempo, na maior parte do ano, é quente e úmido. Esses bangalôs foram construídos em 1992, com o estímulo vindo do Eco 92 para utilização do sistema construtivo de eucalipto roliço empilhado, com sistema macho-fêmea, formando as

paredes estruturais que se cruzam nos vértices da construção (Figura 5.13). Cada bangalô tem quatro quartos com acessos independentes (Figura 5.14).

SUBSISTEMA	UNIDADES DE HOSPEDAGEM	
	<i>CAESALPINIACAE e FABACAE</i>	<i>MIMOSACAE</i>
Estrutura principal	<ul style="list-style-type: none"> A laje do piso não foi prevista em projeto e foi executada posteriormente sobre o antigo assoalho de madeira 	<ul style="list-style-type: none"> A laje de piso foi executada durante a construção do bangalô
Vedação	<ul style="list-style-type: none"> Paredes externas: eucalipto roliço empilhado Paredes internas (<i>caesalpiniacae</i>): eucalipto roliço empilhado Paredes internas (<i>fabacae</i>): gesso sobre eucalipto roliço empilhado 	<ul style="list-style-type: none"> Paredes externas: eucalipto roliço empilhado Paredes internas: alvenaria
Cobertura	<ul style="list-style-type: none"> Forro instalado acima do caibro em eucalipto 	<ul style="list-style-type: none"> Forro instalado abaixo do caibro em eucalipto

Quadro 5. 7: Principais diferenças entre os subsistemas das unidades de hospedagem avaliadas



Figura 5. 13: Vista geral do bangalô da reserva em Linhares e detalhe do encaixe das toras

5.2.4.1 O processo de projeto

Nesse caso, a CVRD gerenciou toda a construção, desde o fornecimento, elaboração do projeto até a construção da edificação.

O projeto, como mencionado no Capítulo 1º, foi desenvolvido em conjunto pela CVRD e o LAMEM/EESC-USP, com o intuito de experimentar o sistema *log-home* e evidenciar a sustentabilidade da madeira de reflorestamento.

O projeto teve papel fundamental para o desempenho da edificação. Algumas preocupações foram decisivas, podendo ser citadas a implantação das edificações em área com ausência de vegetação natural e os detalhes de projeto que visaram à durabilidade da edificação.

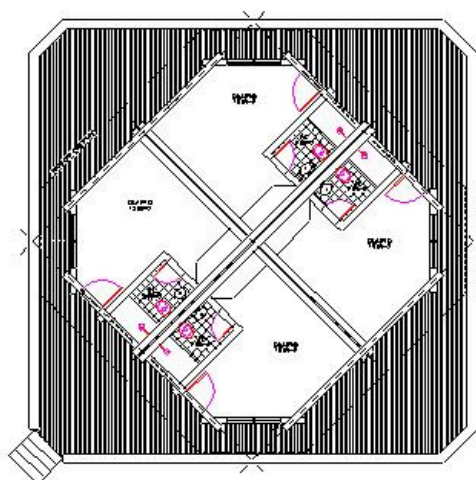


Figura 5. 14: Planta baixa do bangalô-padrão

É importante ressaltar que, apesar de ter sido utilizado o mesmo projeto para execução das unidades de hospedagem, o fato de a unidade de hospedagem *Mimosacae* ter sido construída quatro anos após as outras, viabilizou a realização de adaptações em função da avaliação de desempenho qualitativo das unidades já construídas, *Caesalpiniaecae* e *Fabacae*.

5.2.4.2 Levantamento técnico

Devido a diferenças existentes entre as soluções construtivas das edificações analisadas, foram também detectados tanto problemas comuns a todas as edificações, bem como alguns problemas específicos para cada edificação e que são relacionados com seu desempenho. Portanto, estão apresentados, no Quadro 5.8, os principais problemas detectados durante o levantamento técnico para cada uma das edificações, demonstrando que as adaptações feitas na última unidade de hospedagem construída (*Mimosacae*) puderam solucionar os principais problemas existentes, apesar de alguns problemas continuarem sendo comuns às unidades.

Por estar sob administração de uma empresa de grande porte como é a CVRD, têm sido feitas manutenções periódicas nas edificações, no sentido de garantir seu desempenho e conservação ao longo do tempo. Algumas observações podem ser feitas em relação à manutenção interna dos apartamentos, já que foram observados focos de umidade (Figura 5.15).

No entanto, em relação ao aspecto estético externo da edificação, nota-se que a manutenção periódica vem conseguindo êxito. A administração da Reserva Florestal de Linhares documenta os procedimentos, podendo ter a verdadeira noção dos custos gastos com a manutenção das unidades. De acordo com o administrador, a cada seis meses, é aplicado cera

e, a cada dois anos, é aplicado o hidrofugante em toda a superfície da fachada. Para essa rotina de manutenção, são gastos cerca de USD 12,00/m²/ano.

REQUISITO DE DESEMPENHO	CAESALPINIACAE	FABACAE	MIMOSACAE
CONFORTO ACÚSTICO	<ul style="list-style-type: none"> ▪ A ausência de um tratamento acústico para vedação interna ou o fornecimento de madeira verde, instável dimensionalmente colaborou para o surgimento de frestas que comprometem o isolamento acústico entre os apartamentos dos bangalôs ▪ No projeto original foi previsto assoalho de madeira, o que colaborava para passagem de ruídos entre os apartamentos. Posteriormente foi aplicada uma laje sobre o assoalho de madeira e colocado piso cerâmico que ajudou a solucionar o problema 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Apesar da colocação de gesso como revestimento para vedação interna com o intuito de vedar as frestas existentes visando ao maior isolamento acústico entre os apartamentos dos bangalôs, não pode ser notada diferença significativa neste requisito com esta solução ▪ No projeto original foi previsto assoalho de madeira, o que colaborava para passagem de ruídos entre os apartamentos. Posteriormente foi aplicada uma laje sobre o assoalho de madeira e colocado piso cerâmico, que ajuda a solucionar o problema 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Neste caso, houve a colocação de alvenaria para vedação interna visando ao maior isolamento acústico entre os apartamentos dos bangalôs ▪ Neste caso, a execução já previu a colocação de laje no piso, tendo em vista os problemas detectados nos outros bangalôs
HIGIENE	<ul style="list-style-type: none"> ▪ A falta de ventilação cruzada nos apartamentos pode ser a causa de alguns deles apresentarem focos de umidade e mofo 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Além da falta de ventilação cruzada, a colocação de gesso como revestimento para a vedação interna das peças de madeira que contém umidade, pode afetar ainda mais a presença de mofo e bolor nestas paredes 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mesmo com quantidade menor de paredes em madeira, a falta de ventilação cruzada nos apartamentos ainda é presente e, provavelmente, é a possível causa de focos de umidade e mofo
DURABILIDADE	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sabe-se que, para garantir a durabilidade da madeira, não se deve engastar o concreto diretamente na madeira, o que acabou sendo feito durante a instalação da laje de piso 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Como no caso anterior, a madeira ficou em contato direto com a laje de concreto, podendo comprometer sua durabilidade 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mesmo com a alteração do piso de assoalho para laje previsto durante a execução, a laje de concreto ficou em contato direto com a madeira, podendo comprometer sua durabilidade
CONFORTO LUMÍNICO	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Apesar de não terem sido feitas medições dos níveis de iluminação, os quartos destes bangalôs não são providos de boa iluminação natural. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ A aplicação de gesso pintado na cor branca, como revestimento da vedação interna dos apartamentos, tornou os apartamentos mais claros, melhorando seu conforto lumínico. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Neste caso, a utilização de alvenaria pintada na cor branca como vedação interna dos apartamentos também melhora seu conforto lumínico.

Quadro 5. 8: Principais problemas detectados durante o levantamento técnico e algumas soluções utilizadas

De acordo com o construtor, o maior obstáculo durante a execução foi a falta de madeira seca disponível, colaborando para o surgimento de frestas ocasionadas pela variabilidade

dimensional da madeira no período de secagem. Tais frestas colaboram para a passagem de ruídos, que comprometem o isolamento acústico entre as unidades de hospedagem existentes em cada módulo para garantia de privacidade do hóspede. Destacam-se, dessa forma, as medidas utilizadas com o objetivo de aumentar o isolamento acústico entre os apartamentos. A idéia da utilização de gesso como revestimento das peças de madeira surgiu com o objetivo de extinguir as frestas existentes. Na construção da última unidade (*Mimosacae*), quatro anos após as outras, a execução já previu a substituição da madeira por alvenaria como vedação interna dos apartamentos (Figura 5.16), para a melhoria do isolamento acústico entre os apartamentos. Outra medida que poderia ter sido adotada seria a utilização de painéis de madeira seca e de baixa densidade, portanto com maior absorção e isolamento acústico, ou com a utilização de enchimento entre os painéis com materiais de propriedades isolantes.



Figura 5. 15: Alteração na superfície externa do mobiliário do apartamento, característica da presença de umidade

Em relação à adequação ambiental das edificações, estas utilizaram ligações aparafusadas entre as peças de madeira, o que facilita a reutilização das peças em reformas ou em outras edificações. Outro ponto a se destacar é a quase inexistência de emendas nas peças de madeira, o que sugere um maior planejamento no fornecimento das peças e, conseqüentemente, em menor quantidade de resíduos e perdas durante a execução.



Figura 5. 16: Substituição da vedação interna dos apartamentos

Uma outra alteração na execução do projeto das unidades que vale destacar foi a instalação do forro abaixo dos caibros. Dessa forma, pode ser solucionado um problema relacionado com a intrusão de morcegos pelas frestas existentes na região do apoio dos caibros no frechal.

5.2.4.3 Pesquisa com os usuários

Neste caso, o resultado das entrevistas é apresentado separadamente, de acordo com a unidade na qual o usuário se hospedou.

Conforme pode ser observado no Quadro 5.9, para a unidade *Caesalpiniaecae*, os requisitos que mais comprometem seu desempenho são conforto acústico, iluminação e conforto tátil. A falta de um tratamento acústico na vedação interna entre os apartamentos ou simplesmente a existência de frestas ocasionadas pela variação dimensional da madeira no período de secagem prejudica a privacidade dos hóspedes. Já com relação à iluminação e à presença de umidade nos apartamentos, as causas mais prováveis são a insuficiência de aberturas para iluminação e ventilação natural.

No Quadro 5.10, estão apresentados os resultados das respostas dos usuários para a unidade *Fabacae*, no qual pode ser observado que o revestimento da madeira na vedação interna dos apartamentos com gesso pintado de branco, segundo a classificação dos usuários, melhora o desempenho da edificação quanto às condições de iluminação. Isso porque o quarto fica mais claro, já que as demais paredes são todas em madeira.

Finalmente, conforme o Quadro 5.11, pode ser concluído que as medidas adotadas na execução da unidade *Mimosacae*, como a utilização de alvenaria para vedação interna entre os

apartamentos, resultou na melhoria das condições de conforto acústico e, possivelmente, das condições de iluminação, segundo a classificação dos usuários.

COMO VOCÊ CLASSIFICA? (USUÁRIO)	PÉSSIMO 0,0 a 2,5	RUIM 2,6 a 5,0	BOM 5,1 a 7,5	ÓTIMO 7,6 a 10,0	Número total de usuários entrevistados = 5
1. As condições de conforto térmico (ventilação e temperatura dos ambientes internos)	-	-	4	1	
2. As condições de conforto acústico (interferência de ruídos internos e externos)	1	2	2	-	
3. As condições de iluminação	-	3	2	-	
4. Conforto tátil (umidade, temperatura e rugosidade nas superfícies de modo geral)	-	3	2	-	
5. As condições de estanqueidade (quando chove, entra água na construção?)	-	-	3	2	
6. A integração da construção com o entorno	-	-	-	5	

Quadro 5. 9: Resultado das respostas dos usuários para a unidade *Caesalpiniaecae*

COMO VOCÊ CLASSIFICA? (USUÁRIO)	PÉSSIMO 0,0 a 2,5	RUIM 2,6 a 5,0	BOM 5,1 a 7,5	ÓTIMO 7,6 a 10,0	Número total de usuários entrevistados = 5
1. As condições de conforto térmico (ventilação e temperatura dos ambientes internos)	-	-	1	4	
2. As condições de conforto acústico (interferência de ruídos internos e externos)	1	-	4	-	
3. As condições de iluminação	-	1	3	1	
4. Conforto tátil (umidade, temperatura e rugosidade nas superfícies de modo geral)	-	-	2	3	
5. As condições de estanqueidade (quando chove, entra água na construção?)	-	-	1	4	
6. A integração da construção com o entorno	-	-	-	5	

Quadro 5. 10: Resultado das respostas dos usuários para a unidade *Fabacae*

COMO VOCÊ CLASSIFICA? (USUÁRIO)	PÉSSIMO 0,0 a 2,5	RUIM 2,5 a 5,0	BOM 5,0 a 7,5	ÓTIMO 7,5 a 10,0	Número total de usuários entrevistados = 5
1. As condições de conforto térmico (ventilação e temperatura dos ambientes internos):	-	-	-	5	
2. As condições de conforto acústico (interferência de ruídos internos e externos):	-	-	3	2	
3. As condições de iluminação:	-	-	5	-	
4. Conforto tátil (umidade, temperatura e rugosidade nas superfícies de modo geral):	-	1	2	2	
5. As condições de estanqueidade (quando chove, entra água na construção?)	-	1	3	1	
6. A integração da construção com o entorno:	-	-	-	5	

Quadro 5. 11: Resultado das respostas dos usuários para a unidade *Mimosacae*

Também pode ser observada uma melhoria na classificação dos usuários com relação às condições de iluminação. Provavelmente, isso se deve à utilização de pintura branca sobre a vedação interna em alvenaria.

5.3 PRINCIPAIS CONCLUSÕES OBTIDAS

Para melhor compreensão das informações apresentadas nos estudos de caso, a seguir será exposto no Quadro 5.12, um resumo dos principais problemas observados em cada estudo de caso e uma síntese das principais conclusões obtidas.

Estudo de caso		Principais problemas observados
Casa em Piaçu		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Conforto acústico: por se tratar de uma casa de dois pavimentos, o assoalho deveria ter sido projetado e executado de forma que garantisse o isolamento acústico entre os pavimentos, o que não foi realizado por falta de previsão desse requisito em projeto ▪ Conforto lumínico: a utilização de um hidrofugante/hidrorrepelente (<i>stein</i>) nas peças de madeira, juntamente com a insuficiência de aberturas previstas em projeto e de iluminação artificial, comprometeram o conforto lumínico do interior da residência
Chalés Peterly's		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Adequação ambiental: a quantidade de emendas observadas pela pesquisadora, sugere uma falta de planejamento no aproveitamento das peças de madeira, além de ocasionar um aumento na presença de frestas, que colaboram para o comprometimento do isolamento térmico e das condições de limpeza e higiene da edificação
Creche em Pedra Azul		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Estanqueidade: o mal-dimensionamento do telhado provocou algumas infiltrações ▪ Conforto tátil: a instalação de piso cerâmico comprometeu o conforto tátil das crianças que engatinham
Alojamentos da Reserva de Linhares	<i>Fabaceae</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Conforto acústico: a instalação de assoalho de madeira e a ausência de uma tratamento acústico entre as vedações, juntamente com a presença de frestas, comprometeram o isolamento acústico entre os apartamentos ▪ A ausência de aberturas em paredes opostas, não favoreceu uma ventilação cruzada, o que colaborou para o surgimento de focos de umidade
	<i>Caesalpiniaceae</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Conforto acústico: apesar da aplicação de gesso como revestimento da vedação interna para melhorar o isolamento acústico entre os apartamentos, não pôde ser notada diferença significativa de melhoria de desempenho nesse requisito ▪ Também nesse caso, a ausência de aberturas em paredes opostas, não favoreceu uma ventilação cruzada, o que colaborou para o surgimento de focos de umidade
	<i>Mimosaceae</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Também nesse caso, a ausência de aberturas em paredes opostas, não favoreceu uma ventilação cruzada, o que colaborou para o surgimento de focos de umidade

Quadro 5. 12: Análise comparativa da avaliação dos estudos de caso desenvolvidos pela pesquisa

De acordo com as entrevistas feitas às pessoas envolvidas na execução das edificações, pôde ser observado que, em muitos casos, as decisões que deveriam ser previstas em projeto são tomadas durante a obra. Isso é consequência da falta de elaboração de um projeto executivo,

no qual possa ser previsto o atendimento aos requisitos dos *usuários* e o planejamento do fornecimento das peças, evitando-se emendas e racionalizando o processo construtivo.

Outro aspecto a destacar, ao se planejar construir em madeira de reflorestamento, é a necessidade de um criterioso levantamento da oferta de madeira e da tecnologia disponível para produção. A falta de madeira seca, devidamente manejada para fins de construção, tem sido constantemente apontada por construtores como um dos principais problemas para viabilizar a produção de casas pré-fabricadas em larga escala. Mesmo para edificações isoladas, a falta de oferta de madeira seca e adequada para construção resulta em edificações com problemas de estanqueidade e, conseqüentemente, decréscimo de desempenho em relação a outros requisitos necessários para o atendimento aos usuários.

Também foi ressaltada a importância da adoção de um sistema construtivo que forneça condições de reutilização das peças, já que, em todos os casos pesquisados, foi observada a utilização de tratamento preservativo a base de CCA, que, apesar de conferir ótima durabilidade à madeira, é extremamente tóxico, quando da sua disposição final, conforme comentado no Capítulo 3°.

6.1 INTRODUÇÃO

As recomendações de projeto apresentadas a seguir foram elaboradas a partir da revisão bibliográfica apresentada nos Capítulos 2° e 3° desta dissertação e das conclusões obtidas nos estudos de caso.

Nos estudos de caso, verificou-se que os maiores problemas estão relacionados com a falta de planejamento adequado do fornecimento de madeira e com a ausência de definição e detalhamento de projeto que, além de poder comprometer a durabilidade da edificação e a adequação ambiental dos materiais utilizados, ainda prejudica a produção de edificações pré-fabricadas em larga escala, o que acaba por onerar e, conseqüentemente, inviabilizar sua produção. Destacaram-se, ainda, problemas relacionados com o custo de manutenção da edificação. A aplicação de verniz hidrofugante para proteção das peças de madeira é um custo que deve ser computado durante a vida útil da construção e pode ser minimizado também por meio de medidas de projeto adequadas. Assim, no Quadro 6.1, indica-se a estrutura de apresentação das recomendações que devem ser previstas em projeto no sentido de viabilizar a produção de edificações pré-fabricadas em eucalipto e de garantir o desempenho e a sustentabilidade da edificação.

	ETAPA	ITENS A SEREM CONSIDERADOS	PRINCIPAIS OBJETIVOS
PROJETO	Projeto do produto (edificação)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Obtenção da madeira na floresta ▪ Desdobro e secagem ▪ Tratamento preservativo ▪ Atendimento aos requisitos de desempenho das edificações ▪ Pré-fabricação e montagem 	Orientar o processo de fornecimento, desenvolvimento do produto e da produção para o atendimento dos requisitos de desempenho exigidos em projeto
	Implantação e execução da edificação	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Análise das condições de exposição do edifício ▪ Análise do contexto de inserção do edifício 	Orientar a implantação da edificação, assegurando o conforto ao usuário e minimizando possíveis impactos na região de implantação, além da garantia da qualidade de execução sem prejuízos aos requisitos previstos em projeto
	Uso/desmontagem	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Uso e manutenção ▪ Desmontagem /reciclagem/ reutilização 	Orientar a utilização da edificação pelo usuário e o conhecimento das possibilidades de reutilização do material

Quadro 6. 1: Estrutura da apresentação das recomendações de projeto para edificações pré-fabricadas em madeira de plantios florestais

Pode ser visto no Quadro 6.1 que a fase de projeto, ou seja, de concepção da edificação, deve considerar a correta escolha do material, com o conhecimento da cadeia produtiva e dos requisitos de desempenho das edificações para elaboração do projeto do produto. Além disso, é importante, num segundo momento, a análise das condições de exposição e do contexto de inserção da edificação para o alcance de metas que visem à sustentabilidade da produção de edificações pré-fabricadas em madeira de reflorestamento. Posteriormente, na fase de uso da edificação, deve-se orientar o usuário para a correta utilização e manutenção da edificação, bem como para as possibilidades de reciclagem e reutilização dos componentes da edificação na fase de desmontagem.

6.1.1 Projeto do produto

6.1.1.1 Obtenção da madeira na floresta

Ao se planejar um projeto para edificações pré-fabricadas com a utilização de eucalipto, é importante, antes de tudo, ter conhecimento da oferta de madeira disponível da região onde será desenvolvido tal projeto. Portanto, deve ser feito um estudo de viabilidade que considere a demanda e a oferta de madeira do local onde será proposto o empreendimento, considerando aspectos sociais, econômicos e ambientais.

No Brasil, as plantações de eucalipto são utilizadas principalmente para produção de celulose, carvão, chapas duras e também para produção de lenha, ficando a construção em segundo plano (LIMA, 1997). Alguns eucaliptos utilizados na construção civil não possuem dimensões adequadas e nem sempre são de espécies naturalmente resistentes para aplicação em edificações.

Nesse contexto está a importância do manejo florestal, em que as características de interesse para produção de madeira serrada podem ser controladas (diâmetro, retidão, comprimento e densidade), pois interferem no rendimento por tora e na produtividade de toras aptas para o uso por hectare (YUBA, 2003).

Nos estudos de caso, um dos principais problemas detectados foi a falta de madeira seca e manejada para fins de construção. O resultado da utilização de madeira inadequada é a presença de fendas e frestas ocasionadas pela instabilidade dimensional da madeira no período de secagem.

A madeira inadequada para uso em construção compromete qualquer projeto, mesmo que este tenha previsto detalhes construtivos que considerem as exigências dos *usuários*. Como

exemplo, podem ser citados problemas com o subsistema vedação, no qual a presença de frestas pode comprometer a estanqueidade, o isolamento acústico e o isolamento térmico da edificação.

Além disso, destaca-se nessa fase, a introdução de ações que visem ao alcance da sustentabilidade da edificação, como a utilização de madeira certificada, que considera possíveis impactos ambientais das monoculturas extensas (biodiversidade, esgotamento do solo, erosão, regime de chuvas, entre outros) e sociais, como a garantia da contratação de trabalhadores devidamente treinados e com todos os seus direitos resguardados segundo a legislação. A madeira obtida em programas como esse assegura a qualidade de espécies adequadas à construção civil, garantindo estoques de madeira para futuras gerações (RAMPAZZO, 2000). Outro aspecto que deve ser ressaltado é a valorização da utilização de madeiras comuns à região de onde será inserida a edificação, evitando-se maiores gastos com transportes.

6.1.1.2 Desdobro e secagem

Nessa etapa, depois de garantida a qualidade da madeira proveniente da floresta, ou seja, madeira devidamente adequada para construção, é interessante o controle de qualidade durante o processo de desdobro e secagem.

Isso significa, na etapa de desdobro, uma redução na quantidade de resíduos produzidos, evitando-se a queima ou deposição irregular desses resíduos que podem colaborar com a poluição do ar, solo e água. As perdas podem ser reduzidas com o aprimoramento do conhecimento sobre as tensões de crescimento do eucalipto e a combinação com processo de secagem adequado (PINHEIRO, 1998; YUBA, 2001; MONTANA QUÍMICA, 2000). No entanto, o surgimento de resíduos no processo de produção pode ser visto também como oportunidade para novos negócios, como no desenvolvimento de novos produtos originários do desfibramento desses resíduos para fabricação de chapas de madeira reconstituídas. Porém, é importante lembrar que a *construção sustentável* envolve questões das práticas de *técnicas limpas* e racionalização de recursos durante todo o ciclo de vida dos materiais (OFORI, 2000).

Uma das maiores conseqüências de problemas ocasionados na etapa de desdobro é a transferência de trabalho para a etapa de montagem no canteiro de obras, ocasionada pela imprecisão dimensional das peças. Dessa forma, é importante garantir o controle de qualidade no desdobro para viabilizar a racionalização do processo de montagem.

O controle de qualidade na etapa de secagem é também extremamente importante, pois, em função da adequada secagem, garante-se a maior proteção ao ataque de fungos e insetos, além de ganhos com a redução de custos com transporte, melhoramento das propriedades mecânicas, trabalhabilidade e condicionamento ao ambiente de uso (YUBA, 2001).

Pôde ser visto nos estudos de caso que a falta de madeira seca foi um dos principais problemas encontrados durante a execução das obras. A indisponibilidade de madeira devidamente adequada para utilização em construção compromete o desempenho da edificação. Mesmo que sejam elaborados detalhes construtivos ou sejam previstas manutenções, como aperto entre as peças de eucalipto, uma madeira *verde* pode ocasionar empenos ou frestas de difícil reparação. Com isso, ocorre um comprometimento da estanqueidade da edificação e, conseqüentemente, de seu conforto térmico e acústico, além dessas frestas dificultarem a limpeza, comprometendo diretamente a qualidade do ambiente interno.

Outra medida que pode ser adotada com vistas a maior sustentabilidade da edificação nessa etapa é a elaboração de programas de treinamento dos funcionários, visando ao aumento de qualidade, produtividade, além da segurança e saúde dos trabalhadores (SHIMBO, 1997).

6.1.1.3 Tratamento preservativo

Apesar de essa etapa nem sempre fazer parte da cadeia produtiva, pôde ser visto, nos estudos de caso, que, em todas edificações estudadas, foi utilizado o tratamento preservativo à base de CCA. É o tipo de tratamento mais popular entre os fornecedores de eucalipto para construção civil, pois confere ótima durabilidade à madeira, além de ter um custo relativamente baixo.

A questão do tratamento preservativo da madeira vem sendo tratada por pesquisadores como um dos grandes obstáculos para a adequação ambiental do material. Conforme já comentado no item 3.5.5.2, existem restrições quanto à disposição final da madeira preservada com CCA, sendo sua utilização proibida para fins de construção pela EPA, Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos.

Dessa forma, os projetistas estão cada vez mais se alinhando a essa tendência e buscando novos caminhos que possam contribuir para a durabilidade das estruturas, antes totalmente atribuída à exclusiva utilização de produtos preservativos.

No entanto, quando o tratamento preservativo for realmente necessário, por exemplo, em peças de difícil reposição, que requerem uma vida útil prolongada, é interessante buscar novos métodos de preservação, como os indicados por LELIS (2001):

- utilização de barreiras físicas, como barreiras de areia, constituídas de grãos de determinada dimensão que não permitem aos cupins trabalharem o substrato e construir seus túneis; telas metálicas de malha bastante reduzida, que não permita a passagem de cupins, e plásticos, impregnados com produtos inseticidas, que apresentam ação repelente e, também, letal, caso os cupins insistam em perfurar a barreira;
- controle por meio de iscas, em que um substrato atrativo para cupins, impregnado com um produto letal, mas de ação lenta, é levado para a colônia e distribuído entre os indivíduos;
- aplicação de tratamento preservativo com produtos difusíveis, principalmente à base de boro e flúor, os quais possuem grande capacidade de difusão na madeira, garantindo maior penetração e retenção do princípio ativo, inclusive em porções impermeáveis, como o cerne, pois são menos tóxicos, apesar de serem mais lixiviáveis;
- pesquisas de novas moléculas, que buscam produtos menos agressivos ao meio ambiente e menos tóxicos ao homem. O extrato de angiroba é um exemplo, pois pesquisadores do INPA concluíram que se trata de um inseticida natural que apresenta bom desempenho ao combate de cupins.

6.1.1.4 Atendimento aos requisitos de desempenho das edificações

Conforme já mencionado no Capítulo 2º, a presente pesquisa se limitou a abordar requisitos de habitabilidade e sustentabilidade do projeto de norma da ABNT para edificações até cinco pavimentos. Entretanto, apesar de a elaboração de projetos de casas pré-fabricadas em madeira de reflorestamento também requerer a previsão de requisitos de desempenho relativos à segurança quanto à utilização, estes não serão abordados na elaboração de recomendações desta pesquisa. Cabe lembrar que, principalmente, a segurança contra fogo é um dos requisitos mais importantes e desfavoráveis em relação à aceitação da edificação em madeira pelo usuário, já que existe um preconceito quanto à madeira ser combustível. Portanto, o estudo dos requisitos de segurança à utilização, que envolve a segurança contra fogo da edificação, merece uma abordagem específica, mais ampla e detalhada.

As recomendações de projeto propostas a seguir consistem em alternativas para adaptar os principais requisitos de desempenho das edificações convencionais previstos no projeto de

norma da ABNT para edificações com até cinco pavimentos às necessidades dos *usuários* de edificações em madeira de reflorestamento.

Essas recomendações foram elaboradas com base na revisão de literatura (Cap. 2º e 3º) e nas informações obtidas nos estudos de casos.

a) *Estanqueidade:*

- para edificações em madeira, é de extrema importância limitar a permeabilidade ao ar das fachadas e coberturas, evitando correntes de ar, que ocasionam variações térmicas, o que também pode favorecer o decréscimo do conforto acústico e da segurança contra incêndio;
- observar a estanqueidade dos elementos do edifício à água, tanto proveniente de chuvas, quanto do solo, e, para isso, devem ser previstas ações que impeçam a penetração de água para o interior da edificação, como proteção impermeável ou hidrófuga nas fachadas, proteção da união do beiral com a parede, utilização de mantas impermeáveis nas coberturas, soluções eficientes para ligações entre elementos ou componentes e previsão de pingadeiras no detalhamento das esquadrias;
- além da criação de obstáculos para a entrada de umidade no interior da edificação, recomenda-se que sejam também criadas condições de escoamento e evaporação de água, caso alguma das medidas previstas anteriormente venha a falhar (BITTENCOURT, 1995; CRUZEIRO, 1998; MITIDIARI, 1998; SILVA, 2000; ABNT, 2002).

b) *Conforto higrotérmico:*

- a utilização de alguns materiais isolantes térmicos entre as paredes, no caso de vedações tipo *painéis duplos*, atribuem à edificação maior isolamento térmico. Como opções para edificações que visem à sustentabilidade, a utilização de materiais, como pó de serra, cavacos de madeira e cascas de árvores, além do próprio ar, que deve ser hermeticamente fechado, são os mais indicados (CARRASCO, 1998a; SILVA, 2000; CARVALHO, 2002);
- não priorizar apenas o isolamento térmico da vedação (Figura 6.1), mas atentar para o isolamento de telhados e pisos para que o desempenho do sistema seja satisfatório (ATEM, 2002). Portanto, recomendam-se cuidados com o isolamento térmico da cobertura, com a utilização de materiais com propriedades térmicas, colocados abaixo dos caibros, no caso de forros inclinados, ou imediatamente acima do forro, quando este for horizontal (SILVA, 2000);

- apesar de o projeto do produto, ou seja da edificação pré-fabricada, ser muitas vezes padronizado, deve ser avaliada, em sua implantação, a correta orientação solar e o posicionamento das aberturas;

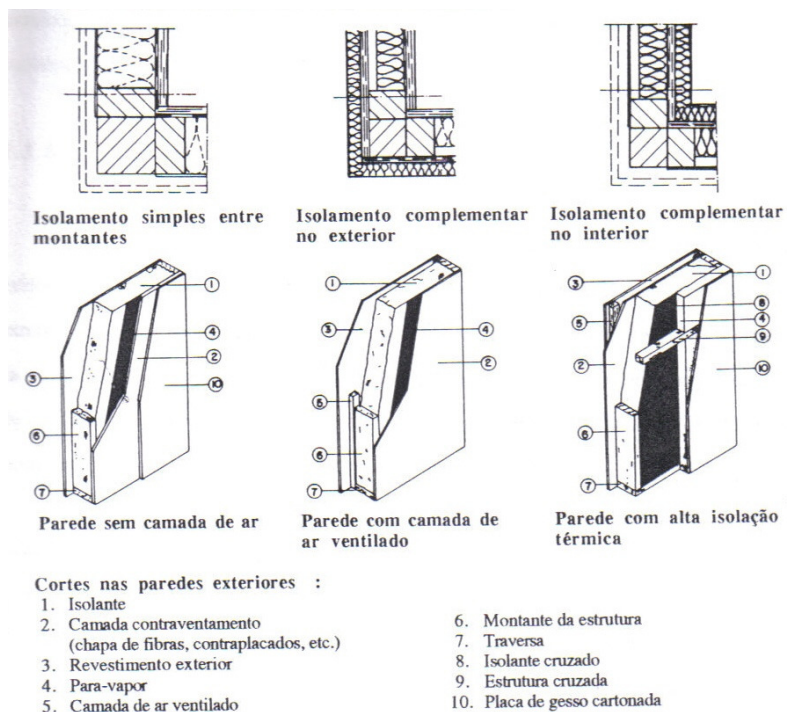


Figura 6. 1: Detalhe de isolamento térmico em paredes de madeira

Fonte: BITTENCOURT (1995)

- no caso de edificações tipo *log*, a adoção de paredes pesadas contribui para manter o interior da edificação aquecido, entretanto o surgimento de frestas conseqüentes da variabilidade dimensional da madeira no período de secagem pode ocasionar frestas que podem comprometer o isolamento térmico;
- deve-se considerar no projeto a radiação solar, a existência de lâmpadas, pessoas, aparelhos elétricos e outros geradores de calor que interferem no fluxo de calor (ATEM, 2002)
- favorecer a ventilação cruzada, para que haja circulação de ar entre os ambientes da edificação e assim contribuir para a desumidificação dos ambientes, melhorando a sensação térmica dos usuários (ABNT, 1998);
- em climas frios, as frestas merecem atenção especial, pois trata-se de um ponto onde a edificação perde calor (ATEM, 2002);

- promover o aumento de inércia térmica na edificação, com o intuito de proporcionar maior conforto ao usuário (ATEM, 2002).

c) *Conforto acústico:*

No caso de edificações em madeira, muitas vezes, a adoção de medidas de projeto que visem à estanqueidade ou ao isolamento térmico da edificação, confere também um bom isolamento acústico externo à edificação. Dentre essas medidas, pode-se citar:

- limitar as aberturas nas fachadas voltadas para fontes de ruído;
- garantir a estanqueidade da edificação;
- projetar esquadrias adequadas, com vidro duplo, que colaborem com a redução de ruído;
- concentrar as áreas de serviço ou de pouca permanência, como lavanderias, cozinhas e banheiros em locais de maior intensidade de ruído (BITTENCOURT, 1995; CRUZEIRO, 1998; SILVA, 2000).

Para o isolamento acústico interno da edificação, é importante adotar as seguintes medidas de projeto:

- não justapor paredes hidráulicas de banheiros e dormitórios;
- utilizar revestimentos de piso adequados, com boa absorção acústica, ou mesmo adequadamente instalados, para não favorecer o surgimento de ruídos ao caminhar ou durante o deslocamento de objetos e por impactos acidentais produzidos pelas quedas;
- separar com portas os ambientes de repouso;
- suspender o forro do pavimento inferior, deixando-o sem contato com o piso superior para isolamento acústico entre pisos (Figura 6.2);

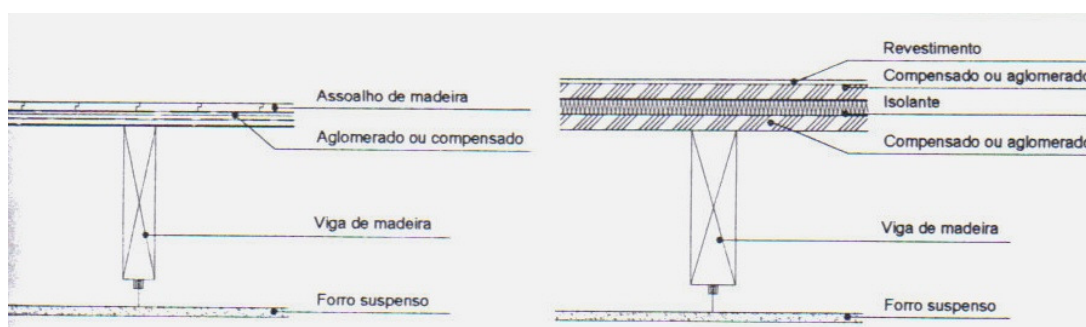


Figura 6. 2: Detalhe do forro suspenso
Fonte: SILVA (2000)

- utilizar materiais isolantes ou projetar paredes duplas, utilizando camadas de isolantes minerais (BITTENCOURT, 1995; CRUZEIRO, 1998; SILVA, 2000).

d) *Conforto lumínico:*

- predileção por cores claras, tanto na vedação como na cobertura (GOTTFRIED, 2000);
- no caso das paredes internas em madeira envernizada, preferir verniz incolor, que não altere as características naturais da madeira e nem sua coloração;
- analisar cuidadosamente a orientação da edificação para que esta possa aproveitar ao máximo da iluminação natural;
- no planejamento dos pontos de iluminação artificial, favorecer áreas destinadas a atividades como leitura.

e) *Saúde, higiene e qualidade do ar:*

- favorecer a ventilação natural da edificação para evitar a proliferação de microorganismos, oriundos das condições de umidade e temperatura no interior da edificação (ABNT, 2002);
- usar materiais atóxicos, antifungos, antialérgicos para revestimento de pisos, paredes e forros (CIB, 2000);
- deve-se estar atento à utilização de pesticidas e inseticidas empregados em tratamentos preservativos ou curativos da edificação, especificamente no caso de edificações em madeira, por ser um material sujeito à deterioração (KRONKA, 2001);
- substituir ao máximo a utilização de tratamentos preservativos por medidas de projeto eficientes que protejam a edificação, quanto à sua deterioração (INO, 1998, KRONKA, 2001);
- isolar a área, em caso de necessidade do tratamento curativo, impedindo o contato do ser humano com qualquer material tóxico, visando a interromper a ação de um organismo deteriorador (KRONKA, 2001).

f) *Funcionalidade e acessibilidade:*

Para o atendimento das exigências dos usuários quanto à adequação e qualidade funcional dos espaços, é importante permitir a possibilidade de ampliação da edificação. Para isso, é necessário que estejam documentados os detalhes construtivos necessários para

ligação/continuidade das paredes, pisos, coberturas e instalações, o que facilita uma possível reforma.

Outra questão importante de projeto é não limitar a acessibilidade ao ambiente construído a um número restrito de pessoas, ou seja, qualquer indivíduo deve ter acesso aos espaços interiores à edificação, com medidas tais como:

- para superar os desníveis, o espaço deve dispor de rampas, elevadores ou equipamentos como plataformas elevatórias;
- lembrar da adequação dos sanitários, cujas medidas devem possibilitar o uso com conforto e segurança de um indivíduo em cadeira de rodas;
- utilizar símbolos ou cores, na comunicação visual, facilitando bastante o trabalho da pessoa com deficiência mental;
- garantir as condições de conservação dos pisos (PRADO, 2004);
- atender às exigências de normas de acessibilidade, como a NBR 9050/2004 da ABNT.

g) *Conforto tátil:*

- proteção adequada da madeira para o seu controle de umidade, como pintura e envernizamento, para a manutenção das características naturais de isolamento elétrico da madeira;
- controle de qualidade na etapa de desdobro e durante a montagem das peças da edificação, para evitar irregularidades ou rugosidade das peças que promovam o desconforto tátil ou prejudiquem as atividades normais dos usuários (PETRUCCI, 1978; BAUER, 1994).

h) *Durabilidade:*

- escolher a espécie adequada, naturalmente resistente para o tipo de uso (CAREY et al., 1986; KROPF, 1996; INO et al., 1998; LELIS, 2001);
- utilizar peças corretamente dimensionadas (CAREY et al.; 1986; KROPF, 1996; INO et al., 1998; LELIS, 2001);
- evitar o acúmulo de umidade (CAREY et al.; 1986; KROPF, 1996; INO et al., 1998; LELIS, 2001);
- impermeabilizar o contrapiso, quando forem utilizados tacos ou assoalhos de madeira, para que a água do solo não tenha acesso por capilaridade ao piso (INO et al., 1998);

- evitar engastar os componentes de madeira em concreto ou solo. Caso isso aconteça, sugere-se que o concreto não seja impermeabilizado, pois, geralmente, em sua interface, podem surgir frestas que permitirão infiltrações de água de chuva (INO et al., 1998). O importante é garantir a drenagem do concreto, mas a melhor solução é a utilização de dispositivo metálico que deixe a extremidade do pilar ventilado (Figura 6.3);
- facilitar a manutenção e reposição de peças, evitando-se recuperação difícil ou onerosa (CAREY et al; 1986; KROPF, 1996; INO et al., 1998; LELIS, 2001);
- garantir a flexibilidade da construção para favorecer a adaptação de novas exigências dos usuários (YUBA, 2004);
- proteger as extremidades de caibros e testeiras, que absorvem umidade com maior facilidade (INO et al., 1998);
- desenvolver detalhes construtivos, com calhas coletoras ou rufos, que visem à proteção do encontro entre paredes e telhados para o escoamento de água pluvial.

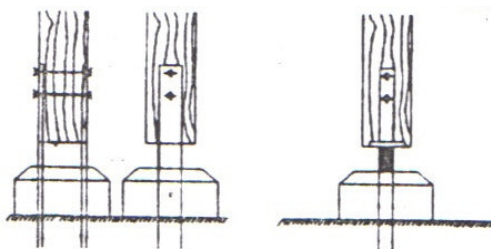


Figura 6. 3: Detalhe de pilar com dispositivo metálico de interface com a fundação de concreto
Fonte: INO et al., (1998)

i) *Adequação ambiental:*

- garantir a qualidade e higiene da edificação, visando à saúde do usuário (ABNT, 2002);
- estimular a renovação e revitalização de edifícios antigos, minimizando intervenções no local da construção (ENVIROMENTAL BUILDING NEWS, 1998; KRONKA, 2001);
- minimizar o consumo de água em equipamentos domésticos, reduzindo a demanda de água da rede pública de abastecimento e, conseqüentemente, o volume para tratamento (ABNT, 2002);
- preferir espécies de eucalipto mais facilmente encontradas na região, para a redução de gastos e energia com o transporte;

- assim como a madeira, que já possui pouca energia incorporada durante o seu processamento, os demais materiais constituintes também devem prever baixa energia incorporada nos seu processo de transformação e serem encontrados, também, nas proximidades do local de implantação (ENVIROMENTAL BUILDING NEWS, 1998; GOTTFRIED, 2000; KRONKA, 2001);
- valorizar a utilização de materiais provenientes de processos de reciclagem (ENVIROMENTAL BUILDING NEWS, 1998; GOTTFRIED, 2000; KRONKA, 2001).

No entanto, talvez o maior obstáculo para a sustentabilidade da edificação em eucalipto seja a conservação de suas características durante a vida útil, sem a necessidade de utilização de produtos preservativos para o combate à biodeterioração. Portanto, é necessário que o tratamento preservativo seja utilizado somente quando for necessário e que este não se contraponha a qualquer norma, regulamentação ou legislação ambiental, sempre optando por produtos menos tóxicos ao homem e ao meio ambiente (ABNT, 2002).

j) *Economia:*

- simplificar a geometria e a execução da edificação em madeira, além de otimizar seu dimensionamento para diminuir o tempo de construção e o seu custo (SPENCE; MULLIGAN, 1995; KRONKA, 2001);
- otimizar os recursos materiais, evitando perdas durante o processo construtivo (SPENCE; MULLIGAN, 1995; KRONKA, 2001);
- avaliar os custos de manutenção ao longo da vida útil da edificação para que esta não tenha seu desempenho comprometido por limitações econômicas do usuário (SILVA; ABIKO, 1996);
- projetar adequadamente equipamentos para que estes não gerem custos excessivos de energia ou água para o usuário (SILVA; ABIKO, 1996).

6.1.1.5 Pré-fabricação e montagem

Durante o planejamento da obra da edificação em madeira, algumas medidas favorecem a racionalização dessa etapa, bem como a sustentabilidade da edificação:

- durante a montagem, é interessante observar as estações mais chuvosas, evitando-se épocas críticas que possam comprometer o cronograma, como também a durabilidade, expondo a madeira a situações de apodrecimento (BENEVENTE, 1994; BITTENCOURT, 1995);

- priorizar a montagem da estrutura e da cobertura para que a edificação não seja sujeita a ações climáticas (BITTENCOURT, 1995);
- elaborar de manuais de implantação e de fabricação de componentes e de pré-fabricação de elementos (INO et al., 1998);
- averiguar a qualidade e determinação do teor de umidade da madeira entregue no canteiro (INO et al., 1998);
- planejar a entrega das peças manufaturadas, dentro do cronograma da obra, coincidindo a entrega da peça de madeira com a fase de sua fixação, reduzindo o tempo de armazenagem (BENEVENTE, 1994);
- implementar alternativas para solucionar os problemas encontrados durante a montagem (INO et al., 1998);
- obtenção de indicadores para melhoria do produto/processo e apropriação de custos (INO et al., 1998);
- controlar a qualidade e dimensões das peças em função do uso e da especificação (BITTENCOURT, 1995).

6.1.2 Implantação e execução da edificação

6.1.2.1 Análise das condições de exposição do edifício

É importante que a implantação da edificação não comprometa as condições de conforto ao *usuário* e que não favoreça sua deterioração, o que compromete o desempenho final da edificação. Para isso, é importante considerar fatores geográficos e climáticos, condicionantes importantes e que exercem séria influência na forma de orientação do edifício, bem como na articulação de seu invólucro e no estabelecimento de sua relação com o solo que pode, por sua vez, influenciar até na definição do espaço interno (BENEVENTE, 1994). Para isso, deve-se ter os seguintes cuidados:

- adequar a edificação ao clima em função da melhor orientação solar, procurando minimizar os efeitos das intempéries sobre o ser humano (ATEM, 2002);
- buscar melhores relações entre o terreno (permeabilidade do solo, topografia, projeções do entorno, massas de água, vegetação, sombras, relação entre espaços abertos e fechados) e a edificação (dimensões e geometria dos espaços, volumetria, estrutura, cobertura, toxidade

e possibilidade de reciclar materiais, propriedades termoacústicas, entre outros) (CIB, 2000);

- rebaixar o lençol freático, quando necessário, a fim de garantir o mínimo de umidade possível ou implantar dispositivos que garantam a drenagem superficial do terreno e o rápido escoamento da água pluvial proveniente da cobertura ou de calçadas perimetrais da construção (BENEVENTE, 1994);
- valorizar o predomínio da incidência da ventilação na edificação;
- em regiões quentes, para fachadas voltadas para o sol da tarde, dispor de detalhes em que a edificação obtenha sombreamento, evitando-se a radiação solar diretamente nas fachadas (CARVALHO, 2002);

6.1.2.2 Análise do contexto de inserção do edifício

Também nesta fase, é importante estar atento ao impacto causado em áreas próximas à implantação da edificação, tomando alguns cuidados como:

- intervir na região de implantação o mínimo possível (NGOWI, 2001);
- caso seja necessária a intervenção no local de implantação da edificação, evitar impactos que possam repercutir em desconfinamento do solo, deslizamento de taludes, enchentes, erosões, assoreamento de vales ou cursos d'água;
- prever o tratamento de esgoto, evitando contaminação do solo ou da água por efluentes ou substâncias empregadas na construção (ABNT, 2002);
- valorizar a área de implantação com a utilização de vegetação e áreas de lazer para a melhoria de qualidade de vida do usuário (ENVIROMENTAL BUILDING NEWS, 1998; KRONKA, 2001);

6.1.3 Uso/ desmontagem

6.1.3.1 Uso/manutenção

- elaboração de manual do usuário para informar ao usuário o correto uso da edificação;
- realização de *Avaliações Pós-Ocupação*, no intuito obter dados que assegurem a retroalimentação do processo de projeto;
- realização de manutenções periódicas, conservando a durabilidade da edificação;

- cuidado com as exigências econômicas dos usuários, viabilizando os custos de manutenção da edificação (INO et al., 1998).

6.1.3.2 Desmontagem/ reciclagem/ reutilização

- prover ao proprietário da edificação informações suficientes para o reaproveitamento e reciclagem dos componentes da construção (INO et al., 1998);
- documentar os detalhes construtivos necessários para ligação/continuidade das paredes, pisos, coberturas e instalações para que possam ser utilizados em futuras reformas e ampliações.

6.2 CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO

As entrevistas feitas com os profissionais participantes das etapas de planejamento e execução das edificações selecionadas para os estudos de caso possibilitaram o levantamento de informações importantes para a análise do processo de projeto, conforme planejado no Capítulo 4º. Da mesma forma, os dados obtidos com a realização da *Avaliação Pós-Ocupação* auxiliaram no levantamento de problemas de desempenho dos edifícios na fase de uso, fornecendo subsídios para a proposição das recomendações de projeto.

O que pôde ser observado é que o controle de qualidade, no decorrer de todo o processo produtivo, é extremamente importante e influencia positivamente o desempenho da edificação. Portanto, o ideal é que as empresas que atuam no setor tenham o controle de qualidade desde o plantio da madeira, até a montagem das edificações pré-fabricadas. Para isso, é interessante que tais empresas tenham suas próprias áreas de reflorestamento, manejando o plantio florestal para fins específicos de construção, o que nem sempre acontece. Dessa forma, haverá uma melhor integração entre os diversos setores de produção (florestas, serraria, fabricante e construtora) e os diferentes profissionais atuantes nessa área (silvicultura, engenharia, ecologia, arquitetura, economia, sociologia, entre outros).

No entanto, cabe destacar a dificuldade de implementação dessas recomendações de projeto sugeridas no processo de produção de construções pré-fabricadas em madeira de reflorestamento que, em primeiro momento, tende a elevar os custos de produção. Isso porque o controle de qualidade no processo exige o investimento de recursos financeiros para o desenvolvimento tecnológico industrial. Porém, vale ressaltar que existe uma tendência da sociedade a optar por construções racionalizadas e materiais ecologicamente corretos, e a

madeira de reflorestamento, apesar do preconceito existente, tornou-se uma alternativa promissora nesse sentido.

Para isso, a produção de edificações pré-fabricadas em madeira de reflorestamento deve priorizar a fase de projeto para a garantia do desempenho da construção, assim como a adoção de medidas introduzidas em cada uma das etapas de produção, que visem à sustentabilidade da edificação.

Vale, também, destacar a importância do trabalho de órgãos governamentais no sentido de incentivar políticas públicas¹ voltadas para o incremento de pesquisas nessa área, juntamente com empresas privadas, formando profissionais nas áreas de Engenharia e Arquitetura, visando à utilização de madeira de reflorestamento em substituição a madeira nativa.

¹ Criação de incentivos fiscais e abertura de linhas de créditos para o desenvolvimento da produção de madeira para aplicação na construção civil.

Existem inúmeros obstáculos no que se refere ao desenvolvimento da área voltada para a utilização de madeira na construção civil no Brasil. O presente trabalho pôde identificar alguns problemas, como:

- falta de avaliação de desempenho das edificações em madeira existentes;
- falta de linhas de crédito para financiamento de construções pré-fabricadas em madeira;
- falta de interesse de órgãos públicos e até mesmo de empresas privadas na implementação de pesquisas no sentido de viabilizar a utilização de madeira, em especial, nesse caso, de reflorestamento na construção civil.

Em se tratando dos estudos de caso desenvolvidos nesta pesquisa, puderam ser detectados os seguintes problemas:

- a indisponibilidade de madeira de reflorestamento, no caso da pesquisa, eucalipto, manejado para fins de construção;
- a falta de planejamento e racionalização do processo construtivo;
- o comprometimento da adequação ambiental da construção, devido à prioridade dada ao tratamento preservativo, na garantia de durabilidade da construção;
- a falta de controle de qualidade da madeira desde o plantio florestal até sua utilização na construção;
- o atendimento às exigências dos usuários, principalmente no que diz respeito à estanqueidade e suas conseqüências, no desempenho da edificação;
- as dificuldades relativas à manutenção, sendo necessário avaliar os custos no decorrer do uso da edificação.

Outra questão a ser discutida é a viabilidade econômica, já que não foram obtidos dados concretos, a partir dos estudos de caso, sobre os custos iniciais de construção. Porém, o estágio de desenvolvimento tecnológico do setor já demonstra o quanto é difícil competir com outros sistemas construtivos.

No entanto, o conceito de *edificação sustentável* abordado nesta dissertação representa aquela construção que responde de maneira mais favorável às dimensões ecológica, social, econômica e tecnológica. Algumas medidas para o alcance dessas metas na cadeia produtiva de madeira serrada foram descritas na presente pesquisa. Juntamente com tais medidas, que

visam ao controle de qualidade, buscando a sustentabilidade da produção, foram relacionados os requisitos de desempenho necessários para o atendimento às exigências dos usuários das edificações.

Nesse contexto, a *sustentabilidade da edificação pré-fabricada em madeira de reflorestamento*, adotada para esta dissertação, apesar dos problemas detectados, revela-se como uma alternativa viável para uma construção eficiente, integrada à sociedade e ao meio ambiente. Isso porque, além de ser um material proveniente de recurso renovável, se explorado e manejado de forma racional, a criação de indústrias e serrarias voltadas para o mercado da construção civil pode contribuir para geração de empregos e renda.

Outros fatores que colaboram com a utilização de eucalipto na construção civil no Brasil é a existência de clima e de solo favoráveis, além da economia de energia em seu processamento, fator importante considerando as crises energéticas que o País tem enfrentado.

Como solução para os problemas detectados nos estudos de caso, está a adoção de medidas e ações na fase de projeto, pois é nela que podem ser tomadas providências que influenciam efetivamente o desempenho da edificação. No caso de *Edificações pré-fabricadas em madeira de reflorestamento*, o projeto revela-se, ainda, mais importante, pois é a partir dele que se previne a biodeterioração, além de viabilizar a reforma, ou seja, adaptação a *novas exigências dos usuários*, ou a reutilização dos componentes da edificação. Também é nessa fase que ações voltadas para a sustentabilidade da edificação podem obter êxito. Para isso, é necessária a utilização de soluções de projeto, como as propostas pela pesquisa, que visem à racionalização de recursos materiais e humanos, o atendimento das exigências de conforto do *usuário*, que, no caso de conforto térmico e lumínico, tem interferência direta no consumo de energia durante a fase de uso da edificação, o aumento da durabilidade da edificação e sua adequação ambiental.

Entretanto, pode-se afirmar que a maior falha encontrada nos projetos das edificações estudadas foi a ausência do estabelecimento de *requisitos e critérios* de desempenho a serem atingidos na fase de projeto. Como consequência disso, os profissionais envolvidos acabam utilizando metodologias e técnicas de projeto nem sempre adequadas.

Com isso, entre as várias recomendações de projeto propostas nesta dissertação para a garantia da sustentabilidade das *edificações pré-fabricadas em madeira de reflorestamento*, destacam-se:

- a) implementação de ações que contemplem aspectos relacionados com a *construção sustentável* em cada etapa da cadeia produtiva, como:
- plantio: cuidados com reposição nutricional do solo e utilização de formicidas, herbicidas e agrotóxicos nos cultivos de espécies florestais;
 - colheita e transporte: adoção de procedimentos de manejo florestal que possibilitem a certificação florestal;
 - desdobro e secagem: introdução de *técnicas limpas* e racionalização de recursos e reaproveitamento de resíduos gerados nessa etapa e programas de treinamentos de funcionários, priorizando o aumento de qualidade e produtividade, além de segurança e saúde dos trabalhadores;
 - projeto e tratamento preservativo: priorização de detalhes construtivos visando à durabilidade da madeira em substituição ao uso de tratamentos preservativos;
 - montagem: cuidados no procedimento de montagem para diminuição da geração de resíduos;
 - uso/manutenção: elaboração de manual dos usuários para assegurar o uso correto da edificação;
 - desmontagem/reciclagem: documentação de detalhes construtivos que possibilitem a reforma ou ampliação da edificação com a reutilização dos componentes da construção, prolongando a vida útil da edificação.
- b) garantia de que as *necessidades dos usuários* sejam atendidas com a introdução de *requisitos e critérios* de desempenho na fase de projeto das edificações;
- c) garantia de que a implantação da unidade valorize os condicionantes naturais da região e que o terreno sofra a menor intervenção possível;
- d) garantia da integração dos diferentes setores de produção (floresta, serraria, fabricantes e construtoras) com os diversos profissionais envolvidos (silvicultura, engenharia, ecologia, arquitetura, economia, sociologia);

Cabe lembrar que tais recomendações devem ser adaptadas a cada perfil de usuário, às características de uso de cada empreendimento, aos recursos disponíveis para sua realização, à região de inserção, de acordo com os níveis de desempenho preestabelecidos.

Contudo, a utilização de madeira de reflorestamento, como principal componente construtivo, envolve também mudanças culturais e de comportamento, não só dos profissionais envolvidos, mas também da sociedade como um todo. Para isso, cabe aos pesquisadores conscientizar a população sobre as vantagens ambientais de utilização do material em construção e dos profissionais envolvidos, sobre o desenvolvimento de técnicas apropriadas de projeto e de processo construtivo para *edificações em madeira de reflorestamento*, com o objetivo de minimizar os impactos ambientais gerados pela construção civil e garantir a qualidade dessas edificações.

Por se tratar de um assunto que requer constante pesquisa e envolve profissionais de diversas áreas, desde a produção na floresta até o final da construção propriamente dita, sugerem-se algumas sugestões para a continuidade desta pesquisa:

- desenvolvimento de *requisitos e critérios* simplificados para a seleção de eucalipto manejado para a construção civil, que contemple as etapas de plantio, corte, transporte, secagem e tratamento preservativo, relacionando com o uso específico da construção;
- avaliação do grau de proteção e toxicidade de alguns preservativos químicos utilizados em madeiras de reflorestamento, em especial o CCA, que é o mais utilizado, com o objetivo de elaborar recomendações de uso específico em edificações;
- definição de *critérios e requisitos* de desempenho requeridos para as edificações em madeira;
- proposição de modelos para processos de projeto, com ênfase no controle de qualidade dessa etapa, que possam ser seguidos por empresas interessadas em investir na área de pré-fabricação de edificações em madeira de reflorestamento; e
- avaliação ambiental de edificações em madeira de reflorestamento e desenvolvimento de ferramentas de projeto para edificações sustentáveis.

No que se refere à presente pesquisa, é importante citar que a proposição de *recomendações de projeto para edificações pré-fabricadas em madeira de reflorestamento com vistas à sustentabilidade e desempenho dessas construções*, objetivo principal da dissertação, foi alcançada. A revisão de literatura juntamente com as informações coletadas na *Avaliação Pós-Ocupação* dos estudos de caso forneceram os subsídios necessários. Essas recomendações aplicadas em cada etapa do processo de fabricação e montagem, porém previstas já na fase de planejamento, têm grandes chances de assegurar a sustentabilidade e o

desempenho das edificações que tenham a madeira de reflorestamento como principal componente construtivo.

APÊNDICE A -QUESTIONÁRIO ENVIADO AOS USUÁRIOS

Avaliação de desempenho ambiental de _____

Este questionário faz parte de um estudo que está sendo realizado com algumas construções em eucalipto no estado do Espírito Santo, no desenvolvimento de uma pesquisa para obtenção do título de mestrado em engenharia civil da Universidade Federal do Espírito Santo – UFES.

Juntamente com outros dados, suas respostas nos ajudarão a avaliar o desempenho desta e de outras construções quanto a questões de sustentabilidade, contribuindo para formulação de dados mais concretos e apropriados para a sustentabilidade das construções que utilizam eucalipto com principal componente construtivo.

Agradecemos já a sua colaboração.

COMO VOCÊ CLASSIFICA? (USUÁRIO)	PÉSSIMO 0,0 a 2,5	RUIM 2,6 a 5,0	BOM 5,1 a 7,5	ÓTIMO 7,6 a 10,0
1. As condições de conforto térmico (ventilação e temperatura dos ambientes internos):				
2. As condições de conforto acústico (interferência de ruídos internos e externos):				
3. As condições de iluminação:				
4. Conforto tátil (umidade, temperatura e rugosidade nas superfícies de modo geral):				
5. As condições de estanqueidade (quando chove, entra água na construção?)				
6. A integração da construção com o entorno:				

APÊNDICE B - ROTEIRO 01 – INFORMAÇÕES SOBRE O PROCESSO DE PROJETO**Nome do entrevistado:** _____ **Data:** _____**Função ou cargo:** _____**Construção:** _____

1. Como se desenvolveu o processo de projeto?
2. Por que foi escolhida a madeira como principal componente construtivo da construção?
3. Quais as vantagens que você poderia citar a respeito da escolha da madeira?
4. Quais as desvantagens que você poderia citar a respeito da escolha da madeira?
5. Houve preocupação com relação a impactos ambientais da construção na região de implantação? Quais?
6. Houve preocupação com relação aos condicionantes climáticos da região de implantação? Quais?
7. Houve preocupação com relação a durabilidade da madeira em projeto? Quais?

APÊNDICE C - ROTEIRO 02 – INFORMAÇÕES SOBRE O PROCESSO DE FORNECIMENTO DA MADEIRA

Nome do entrevistado: _____ Data: _____
Função ou cargo: _____
Construção: _____

- | |
|--|
| <ol style="list-style-type: none">1. Qual o tipo de tratamento preservativo que foi utilizado na madeira?2. Qual foi a maior dificuldade encontrada para o fornecimento da madeira para este projeto? |
|--|

APÊNDICE D - ROTEIRO 03 – INFORMAÇÕES SOBRE O PROCESSO DE CONSTRUÇÃO**Nome do entrevistado:** _____ **Data:** _____**Função ou cargo:** _____**Construção:** _____

1. Há quanto tempo foi construída esta obra?
2. Em quanto tempo foi construída?
3. Quais as maiores dificuldades encontradas durante a obra?
4. Estão disponíveis valores sobre o custo inicial da construção?

APÊNDICE E - ROTEIRO 04 – INFORMAÇÕES SOBRE O USO/MANUTENÇÃO DA EDIFICAÇÃO**Nome do entrevistado:** _____ **Data:** _____**Função ou cargo:** _____ **Tempo de experiência:** _____**Construção:** _____ **Tempo de atuação na construção:** _____**SOBRE O USO DA EDIFICAÇÃO**

1. Como é feita a manutenção do edifício? Há algum tipo de procedimento documentado? Com são as rotinas?
2. Estão disponíveis valores de custos com manutenção da construção?
3. Como você avalia as condições de manutenção? Há manipulação de material tóxico?
4. Já foi notada a presença de insetos?
5. Quais as principais reclamações dos usuários?

APÊNDICE F - FICHA DE AVALIAÇÃO DE CASA EM PIAÇU

REQUISITOS A SEREM AVALIADOS (edificação como um todo)	(avaliações ou observações)			
	PÉSSIMO 0,0 a 2,5	RUIM 2,5 a 5,0	BOM 5,0 A 7,5	ÓTIMO 7,5 A 10,0
DURABILIDADE				
• conservação das características da edificação ao longo de sua vida útil;				
• limitações relativas ao desgaste e deterioração de materiais;				
ECONOMIA				
• custos iniciais;				
• custos de operação;				
• custos de manutenção.				
IMPLANTAÇÃO				
• integração do edifício com a região por este influenciado,				
• infra-estrutura de serviços públicos, como: coleta de lixo, abastecimento de água, energia, transportes,				
• impactos ambientais gerados pela construção,				
USO RACIONAL DE RECURSOS				
• da construção até as atividades de manutenção e operação,				
• a construção deve prever cuidados com a racionalização a partir de sua concepção,				
• equipamentos e sistemas devem possibilitar o uso eficiente de água e energia e outros recursos;				

REQUISITOS A SEREM AVALIADOS (edificação como um todo)	(avaliações ou observações)			
REUTILIZAÇÃO E RECICLAGEM	PÉSSIMO 0,0 a 2,5	RUIM 2,5 a 5,0	BOM 5,0 A 7,5	ÓTIMO 7,5 A 10,0
<ul style="list-style-type: none"> • uso de matéria prima e componentes produzidos a partir de matéria prima reciclada ou proveniente de utilização anterior (reutilização); • uso de materiais que incluam o aproveitamento de resíduos gerados em outras indústrias. 	Não foi observado			
SAÚDE E QUALIDADE DO AMBIENTE INTERNO				
<ul style="list-style-type: none"> • uso de materiais atóxicos, 				
<ul style="list-style-type: none"> • antifungos e antialérgicos; 				
ANÁLISE DO CICLO DE VIDA DA EDIFICAÇÃO				
<ul style="list-style-type: none"> • aspectos que influenciam o desempenho da edificação nas atividades de construção, uso/operação/ manutenção e desconstrução; 				
<ul style="list-style-type: none"> • escolha de materiais, 				

REQUISITOS A SEREM AVALIADOS (edificação como um todo)	(avaliações ou observações)			
	PÉSSIMO 0,0 a 2,5	RUIM 2,5 a 5,0	BOM 5,0 A 7,5	ÓTIMO 7,5 A 10,0
ADAPTAÇÃO A UTILIZAÇÃO				
• flexibilidade				
• previsão de serviços e de condições específicas de utilização, deficientes.				
• tamanho, quantidade, geometria dos espaços e equipamentos,				
CONFORTO ANTROPODINÂMICO				
• ergonomia				
CONFORTO TÁTIL				
• propriedades adequadas quanto à rugosidade, umidade, temperatura, eliminação e ou redução de cargas estáticas nas superfícies de modo geral				
CONFORTO ACÚSTICO				
• isolamento acústico e níveis de ruídos dos ambientes				
CONFORTO VISUAL				
• iluminação natural e artificial,				
• insolação,				
• contatos visuais interno/ externamente				
CONFORTO HIGROTÉRMICO				
• limitações das propriedades térmicas, possibilitando o controle de temperatura e da umidade relativa do ar, da radiação térmica e de condensações				

REQUISITOS A SEREM AVALIADOS (edificação como um todo)	(avaliações ou observações)			
	PÉSSIMO 0,0 a 2,5	RUIM 2,5 a 5,0	BOM 5,0 A 7,5	ÓTIMO 7,5 A 10,0
ventilação,				
controle de odores, cuidados com a pureza do ar				
HIGIENE				
condições para higiene pessoal e dos ambientes,				
abastecimento de água e remoção de resíduos,				
limitações na emissão de contaminantes				
HABITABILIDADE				
estanqueidade dos ambientes				

APÊNDICE G – FICHA DE AVALIAÇÃO DOS SUBSISTEMAS CONSTRUTIVOS DA CONSTRUÇÃO
OBRA: Casa em Piaçu

SUBSISTEMA	EXIGÊNCIA	DESEMPENHO REQUERIDO PARA CADA SISTEMA	AVALIAÇÕES OU OBSERVAÇÕES			
			PÉSSIMO 0,0 a 2,5	RUIM 2,5 a 5,0	BOM 5,0 A 7,5	ÓTIMO 7,5 A 10,0
Fundação	Segurança estrutural	Deve resistir cargas de serviço sem se romper ou se deformar	Não foi possível observar			
	Estanqueida de	Deve impedir a passagem de umidade do solo para as paredes				
	Conforto visual	Deve apresentar superfície uniforme				
	Durabilidade	Deve estar isenta de infestações por ataque biológico				
	Economia	Deve apresentar baixos custos de manutenção				
	Adequação ambiental	Deve apresentar solução técnica adequada de proteção ao subsistema. (medidas de projeto ou preservativas).				
Estrutura principal	Segurança estrutural	Deve apresentar estabilidades estruturais, resistindo às cargas de serviço sem entrar no estado limite último ou deformar.				
	Conforto visual	Deve apresentar superfície uniforme				
	Durabilidade	Deve estar isenta de infestações por ataque biológico				
	Economia	Deve apresentar baixos custos de manutenção				
	Adequação ambiental	Deve apresentar solução técnica adequada de proteção ao subsistema. (medidas de projeto ou preservativas).				

SUBSISTEMA	EXIGÊNCIA	DESEMPENHO REQUERIDO PARA CADA SISTEMA	AVALIAÇÕES			
			PÉSSIMO 0,0 a 2,5	RUIM 2,5 a 5,0	BOM 5,0 A 7,5	ÓTIMO 7,5 A 10,0
Telhado	Segurança estrutural	Deve apresentar peças sem defeito e sem deformações à sobrecarga				
	Estanqueida de	Deve impedir a passagem de água (goteira)				
	Conforto visual	Deve apresentar superfície uniforme				
	Durabilidade dos materiais	Deve estar isenta de infestações por ataque biológico				
	Economia	Deve apresentar baixos custos de manutenção				
	Adequação ambiental	Deve apresentar solução técnica adequada de proteção ao subsistema. (medidas de projeto ou preservativas)				
Fechamento (vedação)	Segurança estrutural	Deve apresentar peças sem defeito e sem deformações à sobrecarga				
	Conforto visual	Deve apresentar superfície uniforme				
	Durabilidade dos materiais	Deve estar isenta de infestações por ataque biológico				
	Economia	Deve apresentar baixos custos de manutenção				
	Adequação ambiental	Deve apresentar solução técnica adequada de proteção ao subsistema. (medidas de projeto ou preservativas)				
	Conforto acústico	Deve apresentar isolamento acústico adequado				
	Conforto higratérmico	Deve manter condições de temperatura adequadas				
	Estanqueida de	Deve impedir a passagem de água				

APÊNDICE H - FICHA TÉCNICA DOS SUBSISTEMAS CONSTRUTIVOS DA CONSTRUÇÃO
OBRA: casa em Piaçu

CONSTRUÇÃO:	MATERIAL E DESCRIÇÃO DO SISTEMA EMPREGADO
Fundação	<i>Paredes estruturais de madeira chumbadas em pilares de concreto afastados do solo.</i>
Estrutura principal	<i>Paredes estruturais de eucalipto roliço empilhado tratado (citriodora). Pilar em uma das extremidades de madeira nativa.</i>
Estrutura de telhado	<i>Estrutura de parajú, com forro de peroba e telha de cerâmica convencional. Utilizou-se de uma manta emborrachada para melhor impermeabilizar o telhado.</i>
Vedação	<i>Paredes estruturais de eucalipto roliço empilhado tratado (citriodora). Utilizou-se pregos para os encaixes e foi feita calafetação com pó de serra e cola</i>
Esquadrias	<i>Esquadrias em peroba-mica tipo “guilhotina” com venezianas de madeira.</i>

APÊNDICE I - FICHA DE AVALIAÇÃO DE CHALÉS PETERLY'S

REQUISITOS A SEREM AVALIADOS (edificação como um todo)	(avaliações ou observações)			
	PÉSSIMO 0,0 a 2,5	RUIM 2,5 a 5,0	BOM 5,0 A 7,5	ÓTIMO 7,5 A 10,0
DURABILIDADE				
• conservação das características da edificação ao longo de sua vida útil;				
• limitações relativas ao desgaste e deterioração de materiais;				
ECONOMIA				
• custos iniciais;				
• custos de operação;				
• custos de manutenção.				
IMPLANTAÇÃO				
• integração do edifício com a região por este influenciado,				
• infra-estrutura de serviços públicos, como: coleta de lixo, abastecimento de água, energia, transportes,				
• impactos ambientais gerados pela construção,				
USO RACIONAL DE RECURSOS				
• da construção até as atividades de manutenção e operação,				
• a construção deve prever cuidados com a racionalização a partir de sua concepção,				
• equipamentos e sistemas devem possibilitar o uso eficiente de água e energia e outros recursos;				

REQUISITOS A SEREM AVALIADOS (edificação como um todo)	(avaliações ou observações)			
REUTILIZAÇÃO E RECICLAGEM	PÉSSIMO 0,0 a 2,5	RUIM 2,5 a 5,0	BOM 5,0 A 7,5	ÓTIMO 7,5 A 10,0
<ul style="list-style-type: none"> • uso de matéria prima e componentes produzidos a partir de matéria prima reciclada ou proveniente de utilização anterior (reutilização); • uso de materiais que incluam o aproveitamento de resíduos gerados em outras indústrias. 	Não foi observado			
SAÚDE E QUALIDADE DO AMBIENTE INTERNO				
<ul style="list-style-type: none"> • uso de materiais atóxicos, 				
<ul style="list-style-type: none"> • antifungos e antialérgicos; 				
ANÁLISE DO CICLO DE VIDA DA EDIFICAÇÃO				
<ul style="list-style-type: none"> • aspectos que influenciam o desempenho da edificação nas atividades de construção, uso/operação/ manutenção e desconstrução; 				
<ul style="list-style-type: none"> • escolha de materiais, 				

REQUISITOS A SEREM AVALIADOS (edificação como um todo)	(avaliações ou observações)			
	PÉSSIMO 0,0 a 2,5	RUIM 2,5 a 5,0	BOM 5,0 A 7,5	ÓTIMO 7,5 A 10,0
ADAPTAÇÃO A UTILIZAÇÃO				
• flexibilidade				
• previsão de serviços e de condições específicas de utilização, deficientes.				
• tamanho, quantidade, geometria dos espaços e equipamentos,				
CONFORTO ANTROPODINÂMICO				
• ergonomia				
CONFORTO TÁTIL				
• propriedades adequadas quanto à rugosidade, umidade, temperatura, eliminação e ou redução de cargas estáticas nas superfícies de modo geral				
CONFORTO ACÚSTICO				
• isolamento acústico e níveis de ruídos dos ambientes				
CONFORTO VISUAL				
• iluminação natural e artificial,				
• insolação,				
• contatos visuais interno/ externamente				
CONFORTO HIGROTÉRMICO				
• limitações das propriedades térmicas, possibilitando o controle de temperatura e da umidade relativa do ar, da radiação térmica e de condensações				

REQUISITOS A SEREM AVALIADOS (edificação como um todo)	(avaliações ou observações)			
	PÉSSIMO 0,0 a 2,5	RUIM 2,5 a 5,0	BOM 5,0 A 7,5	ÓTIMO 7,5 A 10,0
ventilação,				
controle de odores, cuidados com a pureza do ar				
HIGIENE				
condições para higiene pessoal e dos ambientes,				
abastecimento de água e remoção de resíduos,				
limitações na emissão de contaminantes				
HABITABILIDADE				
estanqueidade dos ambientes				

APÊNDICE J – FICHA DE AVALIAÇÃO DOS SUBSISTEMAS CONSTRUTIVOS DA CONSTRUÇÃO
OBRA: Chalés Peterly's

SUBSISTEMA	EXIGÊNCIA	DESEMPENHO REQUERIDO PARA CADA SISTEMA	AVALIAÇÕES			
			PÉSSIMO 0,0 a 2,5	RUIM 2,5 a 5,0	BOM 5,0 A 7,5	ÓTIMO 7,5 A 10,0
Fundação	Segurança estrutural	Deve resistir cargas de serviço sem se romper ou se deformar	Não foi possível observar			
	Estanqueida de	Deve impedir a passagem de umidade do solo para as paredes				
	Conforto visual	Deve apresentar superfície uniforme				
	Durabilidade	Deve estar isenta de infestações por ataque biológico				
	Economia	Deve apresentar baixos custos de manutenção				
	Adequação ambiental	Deve apresentar solução técnica adequada de proteção ao subsistema. (medidas de projeto ou preservativas).				
Estrutura principal	Segurança estrutural	Deve apresentar estabilidades estruturais, resistindo às cargas de serviço sem entrar no estado limite último ou deformar.				
	Conforto visual	Deve apresentar superfície uniforme				
	Durabilidade	Deve estar isenta de infestações por ataque biológico				
	Economia	Deve apresentar baixos custos de manutenção				
	Adequação ambiental	Deve apresentar solução técnica adequada de proteção ao subsistema. (medidas de projeto ou preservativas).				

SUBSISTEMA	EXIGÊNCIA	DESEMPENHO REQUERIDO PARA CADA SISTEMA	AVALIAÇÕES			
			PÉSSIMO 0,0 a 2,5	RUIM 2,5 a 5,0	BOM 5,0 A 7,5	ÓTIMO 7,5 A 10,0
Telhado	Segurança estrutural	Deve apresentar peças sem defeito e sem deformações à sobrecarga				
	Estanqueida de	Deve impedir a passagem de água (goteira)				
	Conforto visual	Deve apresentar superfície uniforme				
	Durabilidade dos materiais	Deve estar isenta de infestações por ataque biológico				
	Economia	Deve apresentar baixos custos de manutenção				
	Adequação ambiental	Deve apresentar solução técnica adequada de proteção ao subsistema. (medidas de projeto ou preservativas)				
Fechamento (vedação)	Segurança estrutural	Deve apresentar peças sem defeito e sem deformações à sobrecarga				
	Conforto visual	Deve apresentar superfície uniforme				
	Durabilidade dos materiais	Deve estar isenta de infestações por ataque biológico				
	Economia	Deve apresentar baixos custos de manutenção				
	Adequação ambiental	Deve apresentar solução técnica adequada de proteção ao subsistema. (medidas de projeto ou preservativas)				
	Conforto acústico	Deve apresentar isolamento acústico adequado				
	Conforto higratérmico	Deve manter condições de temperatura adequadas				
	Estanqueida de	Deve impedir a passagem de água				

APÊNDICE K - FICHA TÉCNICA DOS SUBSISTEMAS CONSTRUTIVOS DA CONSTRUÇÃO
OBRA: Chalés Peterly`s

CONSTRUÇÃO:	MATERIAL E DESCRIÇÃO DO SISTEMA EMPREGADO
Fundação	<i>Paredes estruturais de madeira chumbadas em pilares de concreto afastados do solo.</i>
Estrutura principal	<i>Paredes estruturais de eucalipto roliço empilhado tratado (citriodora). Pilar em uma das extremidades de madeira nativa.</i>
Estrutura de telhado	<i>Estrutura de parajú, com forro de peroba e telha de cerâmica convencional. Utilizou-se de uma manta emborrachada para melhor impermeabilizar o telhado.</i>
Vedação	<i>Paredes estruturais de eucalipto roliço empilhado tratado (citriodora). Utilizou-se pregos para os encaixes e foi feita calafetação com pó de serra e cola</i>
Esquadrias	<i>Esquadrias em peroba-mica tipo “guilhotina” com venezianas de madeira.</i>

APÊNDICE L - FICHA DE AVALIAÇÃO DE CRECHE PEDRA AZUL

REQUISITOS A SEREM AVALIADOS (edificação como um todo)	(avaliações ou observações)			
	PÉSSIMO 0,0 a 2,5	RUIM 2,5 a 5,0	BOM 5,0 A 7,5	ÓTIMO 7,5 A 10,0
DURABILIDADE				
• conservação das características da edificação ao longo de sua vida útil;				
• limitações relativas ao desgaste e deterioração de materiais;				
ECONOMIA				
• custos iniciais;				
• custos de operação;				
• custos de manutenção.				
IMPLANTAÇÃO				
• integração do edifício com a região por este influenciado,				
• infra-estrutura de serviços públicos, como: coleta de lixo, abastecimento de água, energia, transportes,				
• impactos ambientais gerados pela construção,				
USO RACIONAL DE RECURSOS				
• da construção até as atividades de manutenção e operação,				
• a construção deve prever cuidados com a racionalização a partir de sua concepção,				
• equipamentos e sistemas devem possibilitar o uso eficiente de água e energia e outros recursos;				

REQUISITOS A SEREM AVALIADOS (edificação como um todo)	(avaliações ou observações)			
REUTILIZAÇÃO E RECICLAGEM	PÉSSIMO 0,0 a 2,5	RUIM 2,5 a 5,0	BOM 5,0 A 7,5	ÓTIMO 7,5 A 10,0
<ul style="list-style-type: none"> • uso de matéria prima e componentes produzidos a partir de matéria prima reciclada ou proveniente de utilização anterior (reutilização); • uso de materiais que incluam o aproveitamento de resíduos gerados em outras indústrias. 	Não foi observado			
SAÚDE E QUALIDADE DO AMBIENTE INTERNO				
<ul style="list-style-type: none"> • uso de materiais atóxicos, 				
<ul style="list-style-type: none"> • antifungos e antialérgicos; 				
ANÁLISE DO CICLO DE VIDA DA EDIFICAÇÃO				
<ul style="list-style-type: none"> • aspectos que influenciam o desempenho da edificação nas atividades de construção, uso/operação/ manutenção e desconstrução; 				
<ul style="list-style-type: none"> • escolha de materiais, 				

REQUISITOS A SEREM AVALIADOS (edificação como um todo)	(avaliações ou observações)			
	PÉSSIMO 0,0 a 2,5	RUIM 2,5 a 5,0	BOM 5,0 A 7,5	ÓTIMO 7,5 A 10,0
ADAPTAÇÃO A UTILIZAÇÃO				
• flexibilidade				
• previsão de serviços e de condições específicas de utilização, deficientes.				
• tamanho, quantidade, geometria dos espaços e equipamentos,				
CONFORTO ANTROPODINÂMICO				
• ergonomia				
CONFORTO TÁTIL				
• propriedades adequadas quanto à rugosidade, umidade, temperatura, eliminação e ou redução de cargas estáticas nas superfícies de modo geral				
CONFORTO ACÚSTICO				
• isolamento acústico e níveis de ruídos dos ambientes				
CONFORTO VISUAL				
• iluminação natural e artificial,				
• insolação,				
• contatos visuais interno/ externamente				
CONFORTO HIGROTÉRMICO				
• limitações das propriedades térmicas, possibilitando o controle de temperatura e da umidade relativa do ar, da radiação térmica e de condensações				

REQUISITOS A SEREM AVALIADOS (edificação como um todo)	(avaliações ou observações)			
	PÉSSIMO 0,0 a 2,5	RUIM 2,5 a 5,0	BOM 5,0 A 7,5	ÓTIMO 7,5 A 10,0
ventilação,				
controle de odores, cuidados com a pureza do ar				
HIGIENE				
condições para higiene pessoal e dos ambientes,				
abastecimento de água e remoção de resíduos,				
limitações na emissão de contaminantes				
HABITABILIDADE				
estanqueidade dos ambientes				

APÊNDICE M – FICHA DE AVALIAÇÃO DOS SUBSISTEMAS CONSTRUTIVOS DA CONSTRUÇÃO
OBRA: Creche Pedra Azul

SUBSISTEMA	EXIGÊNCIA	DESEMPENHO REQUERIDO PARA CADA SISTEMA	AVALIAÇÕES			
			PÉSSIMO 0,0 a 2,5	RUIM 2,5 a 5,0	BOM 5,0 A 7,5	ÓTIMO 7,5 A 10,0
Fundação	Segurança estrutural	Deve resistir cargas de serviço sem se romper ou se deformar	Não foi possível observar			
	Estanqueida de	Deve impedir a passagem de umidade do solo para as paredes				
	Conforto visual	Deve apresentar superfície uniforme				
	Durabilidade	Deve estar isenta de infestações por ataque biológico				
	Economia	Deve apresentar baixos custos de manutenção				
	Adequação ambiental	Deve apresentar solução técnica adequada de proteção ao subsistema. (medidas de projeto ou preservativas).				
Estrutura principal	Segurança estrutural	Deve apresentar estabilidades estruturais, resistindo às cargas de serviço sem entrar no estado limite último ou deformar.				
	Conforto visual	Deve apresentar superfície uniforme				
	Durabilidade	Deve estar isenta de infestações por ataque biológico				
	Economia	Deve apresentar baixos custos de manutenção				
	Adequação ambiental	Deve apresentar solução técnica adequada de proteção ao subsistema. (medidas de projeto ou preservativas).				

SUBSISTEMA	EXIGÊNCIA	DESEMPENHO REQUERIDO PARA CADA SISTEMA	AVALIAÇÕES			
			PÉSSIMO 0,0 a 2,5	RUIM 2,5 a 5,0	BOM 5,0 A 7,5	ÓTIMO 7,5 A 10,0
Telhado	Segurança estrutural	Deve apresentar peças sem defeito e sem deformações à sobrecarga				
	Estanqueida de	Deve impedir a passagem de água (goteira)				
	Conforto visual	Deve apresentar superfície uniforme				
	Durabilidade dos materiais	Deve estar isenta de infestações por ataque biológico				
	Economia	Deve apresentar baixos custos de manutenção				
	Adequação ambiental	Deve apresentar solução técnica adequada de proteção ao subsistema. (medidas de projeto ou preservativas)				
Fechamento (vedação)	Segurança estrutural	Deve apresentar peças sem defeito e sem deformações à sobrecarga				
	Conforto visual	Deve apresentar superfície uniforme				
	Durabilidade dos materiais	Deve estar isenta de infestações por ataque biológico				
	Economia	Deve apresentar baixos custos de manutenção				
	Adequação ambiental	Deve apresentar solução técnica adequada de proteção ao subsistema. (medidas de projeto ou preservativas)				
	Conforto acústico	Deve apresentar isolamento acústico adequado				
	Conforto higratérmico	Deve manter condições de temperatura adequadas				
	Estanqueida de	Deve impedir a passagem de água				

APÊNDICE N - FICHA TÉCNICA DOS SUBSISTEMAS CONSTRUTIVOS DA CONSTRUÇÃO
OBRA: Creche de Pedra Azul

CONSTRUÇÃO:	MATERIAL E DESCRIÇÃO DO SISTEMA EMPREGADO
Fundação	<i>Sapata (bloco de concreto) isolada</i>
Estrutura principal	<i>Sistema pilar-viga em eucalipto roliço tratado</i>
Estrutura de telhado	<i>Antes: eucalipto roliço</i> <i>Hoje: parajú com telha francesa</i>
Vedação	<i>Mista, com alvenaria e eucalipto roliço empilhado.</i>
Esquadrias	<i>Alumínio com vidro incolor</i>

APÊNDICE O - FICHA DE AVALIAÇÃO DE CAESALPINIACAE E FABACAE (ALOJAMENTOS) - LINHARES

REQUISITOS A SEREM AVALIADOS (edificação como um todo)	QUESTIONÁRIO (avaliações ou observações)			
	PÉSSIMO 0,0 a 2,5	RUIM 2,5 a 5,0	BOM 5,0 A 7,5	ÓTIMO 7,5 A 10,0
DURABILIDADE				
• conservação das características da edificação ao longo de sua vida útil;				
• limitações relativas ao desgaste e deterioração de materiais;				
ECONOMIA				
• custos iniciais;				
• custos de operação;				
• custos de manutenção.				
IMPLANTAÇÃO				
• integração do edifício com a região por este influenciado,				
• infra-estrutura de serviços públicos, como: coleta de lixo, abastecimento de água, energia, transportes,				
• impactos ambientais gerados pela construção,				
USO RACIONAL DE RECURSOS				
• da construção até as atividades de manutenção e operação,				
• a construção deve prever cuidados com a racionalização a partir de sua concepção,				
• equipamentos e sistemas devem possibilitar o uso eficiente de água e energia e outros recursos;				

REQUISITOS A SEREM AVALIADOS (edificação como um todo)	(avaliações ou observações)			
REUTILIZAÇÃO E RECICLAGEM	PÉSSIMO 0,0 a 2,5	RUIM 2,5 a 5,0	BOM 5,0 A 7,5	ÓTIMO 7,5 A 10,0
<ul style="list-style-type: none"> • uso de matéria prima e componentes produzidos a partir de matéria prima reciclada ou proveniente de utilização anterior (reutilização); • uso de materiais que incluam o aproveitamento de resíduos gerados em outras indústrias. 	Não foi observado			
SAÚDE E QUALIDADE DO AMBIENTE INTERNO				
<ul style="list-style-type: none"> • uso de materiais atóxicos, 				
<ul style="list-style-type: none"> • antifungos e antialérgicos; 				
ANÁLISE DO CICLO DE VIDA DA EDIFICAÇÃO				
<ul style="list-style-type: none"> • aspectos que influenciam o desempenho da edificação nas atividades de construção, uso/operação/ manutenção e desconstrução; 				
<ul style="list-style-type: none"> • escolha de materiais, 				

REQUISITOS A SEREM AVALIADOS (edificação como um todo)	(avaliações ou observações)			
	PÉSSIMO 0,0 a 2,5	RUIM 2,5 a 5,0	BOM 5,0 A 7,5	ÓTIMO 7,5 A 10,0
ADAPTAÇÃO À UTILIZAÇÃO				
• flexibilidade				
• previsão de serviços e de condições específicas de utilização, deficientes.				
• tamanho, quantidade, geometria dos espaços e equipamentos,				
CONFORTO ANTROPODINÂMICO				
• ergonomia				
CONFORTO TÁTIL				
• propriedades adequadas quanto à rugosidade, umidade, temperatura, eliminação e ou redução de cargas estáticas nas superfícies de modo geral				
CONFORTO ACÚSTICO				
• isolamento acústico e níveis de ruídos dos ambientes				
CONFORTO VISUAL				
• iluminação natural e artificial,				
• insolação,				
• contatos visuais interno/ externamente				
CONFORTO HIGROTÉRMICO				
• limitações das propriedades térmicas, possibilitando o controle de temperatura e da umidade relativa do ar, da radiação térmica e de condensações				

REQUISITOS A SEREM AVALIADOS (edificação como um todo)	(avaliações ou observações)			
	PÉSSIMO 0,0 a 2,5	RUIM 2,5 a 5,0	BOM 5,0 A 7,5	ÓTIMO 7,5 A 10,0
QUALIDADE DO AR				
ventilação,				
controle de odores, cuidados com a pureza do ar				
HIGIENE				
condições para higiene pessoal e dos ambientes,				
abastecimento de água e remoção de resíduos,				
limitações na emissão de contaminantes				
HABITABILIDADE				
estanqueidade dos ambientes				

**APÊNDICE P – FICHA DE AVALIAÇÃO DOS SUBSISTEMAS CONSTRUTIVOS DA
CONSTRUÇÃO
OBRA: Caesalpiniaecae e Fabacae**

SUBSISTEMA	EXIGÊNCIA	DESEMPENHO REQUERIDO PARA CADA SISTEMA	AVALIAÇÕES			
			PÉSSIMO 0,0 a 2,5	RUIM 2,5 a 5,0	BOM 5,0 A 7,5	ÓTIMO 7,5 A 10,0
Fundação	Segurança estrutural	Deve resistir cargas de serviço sem se romper ou se deformar				
	Estanqueida de	Deve impedir a passagem de umidade do solo para as paredes				
	Conforto visual	Deve apresentar superfície uniforme				
	Durabilidade	Deve estar isenta de infestações por ataque biológico				
	Economia	Deve apresentar baixos custos de manutenção				
	Adequação ambiental	Deve apresentar solução técnica adequada de proteção ao subsistema. (medidas de projeto ou preservativas).				
Estrutura principal	Segurança estrutural	Deve apresentar estabilidades estruturais, resistindo às cargas de serviço sem entrar no estado limite último ou deformar.				
	Conforto visual	Deve apresentar superfície uniforme				
	Durabilidade	Deve estar isenta de infestações por ataque biológico				
	Economia	Deve apresentar baixos custos de manutenção				
	Adequação ambiental	Deve apresentar solução técnica adequada de proteção ao subsistema. (medidas de projeto ou preservativas).				

SUBSISTEMA	EXIGÊNCIA	DESEMPENHO REQUERIDO PARA CADA SISTEMA	AVALIAÇÕES			
			PÉSSIMO 0,0 a 2,5	RUIM 2,5 a 5,0	BOM 5,0 A 7,5	ÓTIMO 7,5 A 10,0
Telhado	Segurança estrutural	Deve apresentar peças sem defeito e sem deformações à sobrecarga				
	Estanqueida de	Deve impedir a passagem de água (goteira)				
	Conforto visual	Deve apresentar superfície uniforme				
	Durabilidade dos materiais	Deve estar isenta de infestações por ataque biológico				
	Economia	Deve apresentar baixos custos de manutenção				
	Adequação ambiental	Deve apresentar solução técnica adequada de proteção ao subsistema. (medidas de projeto ou preservativas)				
Fechamento (vedação)	Segurança estrutural	Deve apresentar peças sem defeito e sem deformações à sobrecarga				
	Conforto visual	Deve apresentar superfície uniforme				
	Durabilidade dos materiais	Deve estar isenta de infestações por ataque biológico				
	Economia	Deve apresentar baixos custos de manutenção				
	Adequação ambiental	Deve apresentar solução técnica adequada de proteção ao subsistema. (medidas de projeto ou preservativas)				
	Conforto acústico	Deve apresentar isolamento acústico adequado				
	Conforto higratérmico	Deve manter condições de temperatura adequadas				
	Estanqueida de	Deve impedir a passagem de água				

**APÊNDICE Q - FICHA TÉCNICA DOS SUBSISTEMAS CONSTRUTIVOS DA CONSTRUÇÃO
OBRA: Caesalpiniaecae e Fabacae (alojamentos) – Linhares.**

CONSTRUÇÃO:	MATERIAL E DESCRIÇÃO DO SISTEMA EMPREGADO
Fundação	<i>Apoiada sobre blocos isolados de concreto. É utilizado um anel metálico como suporte para que o pilar da fundação não rache com a compressão solicitada.</i>
Estrutura principal	<i>Paredes portantes de eucalipto roliço empilhado tratado (citriodora). Laje (não prevista em projeto) apoiada sobre o antigo assoalho de madeira.</i>
Estrutura de telhado	<i>Estrutura de eucalipto roliço tratado, com forro de eucalipto colocado acima do caibro e telha francesa. Utilizou-se de uma manta emborrachada para melhor impermeabilizar o telhado.</i>
Vedação	<i>Paredes internas: Dois aptos: eucalipto roliço empilhado e dois aptos: gesso sobre o eucalipto Paredes externas: eucalipto roliço empilhado</i>
Esquadrias	<i>Janelas tipo “guilhotina” com tela mosquiteiro feita em eucalipto; Portas em eucalipto</i>
Implantação	<i>Construção implantada em cima de blocos isolados, não havendo grande intervenção na região de implantação.</i>

APÊNDICE R - FICHA DE AVALIAÇÃO DE MIMOSACAE (ALOJAMENTOS) - LINHARES

REQUISITOS A SEREM AVALIADOS (edificação como um todo)	QUESTIONÁRIO (avaliações ou observações)			
	PÉSSIMO 0,0 a 2,5	RUIM 2,5 a 5,0	BOM 5,0 A 7,5	ÓTIMO 7,5 A 10,0
DURABILIDADE				
• conservação das características da edificação ao longo de sua vida útil;				
• limitações relativas ao desgaste e deterioração de materiais;				
ECONOMIA				
• custos iniciais;				
• custos de operação;				
• custos de manutenção.				
IMPLANTAÇÃO				
• integração do edifício com a região por este influenciado,				
• infra-estrutura de serviços públicos, como: coleta de lixo, abastecimento de água, energia, transportes,				
• impactos ambientais gerados pela construção,				
USO RACIONAL DE RECURSOS				
• da construção até as atividades de manutenção e operação,				
• a construção deve prever cuidados com a racionalização a partir de sua concepção,				
• equipamentos e sistemas devem possibilitar o uso eficiente de água e energia e outros recursos;				

REQUISITOS A SEREM AVALIADOS (edificação como um todo)	(avaliações ou observações)			
REUTILIZAÇÃO E RECICLAGEM	PÉSSIMO 0,0 a 2,5	RUIM 2,5 a 5,0	BOM 5,0 A 7,5	ÓTIMO 7,5 A 10,0
<ul style="list-style-type: none"> • uso de matéria prima e componentes produzidos a partir de matéria prima reciclada ou proveniente de utilização anterior (reutilização); • uso de materiais que incluam o aproveitamento de resíduos gerados em outras indústrias. 	Não foi observado			
SAÚDE E QUALIDADE DO AMBIENTE INTERNO				
<ul style="list-style-type: none"> • uso de materiais atóxicos, 				
<ul style="list-style-type: none"> • antifungos e antialérgicos; 				
ANÁLISE DO CICLO DE VIDA DA EDIFICAÇÃO				
<ul style="list-style-type: none"> • aspectos que influenciam o desempenho da edificação nas atividades de construção, uso/operação/ manutenção e desconstrução; 				
<ul style="list-style-type: none"> • escolha de materiais, 				

REQUISITOS A SEREM AVALIADOS (edificação como um todo)	(avaliações ou observações)			
	PÉSSIMO 0,0 a 2,5	RUIM 2,5 a 5,0	BOM 5,0 A 7,5	ÓTIMO 7,5 A 10,0
ADAPTAÇÃO À UTILIZAÇÃO				
• flexibilidade				
• previsão de serviços e de condições específicas de utilização, deficientes.				
• tamanho, quantidade, geometria dos espaços e equipamentos,				
CONFORTO ANTROPODINÂMICO				
• ergonomia				
CONFORTO TÁTIL				
• propriedades adequadas quanto à rugosidade, umidade, temperatura, eliminação e ou redução de cargas estáticas nas superfícies de modo geral				
CONFORTO ACÚSTICO				
• isolamento acústico e níveis de ruídos dos ambientes				
CONFORTO VISUAL				
• iluminação natural e artificial,				
• insolação,				
• contatos visuais interno/ externamente				
CONFORTO HIGROTÉRMICO				
• limitações das propriedades térmicas, possibilitando o controle de temperatura e da umidade relativa do ar, da radiação térmica e de condensações				

REQUISITOS A SEREM AVALIADOS (edificação como um todo)	(avaliações ou observações)			
	PÉSSIMO 0,0 a 2,5	RUIM 2,5 a 5,0	BOM 5,0 A 7,5	ÓTIMO 7,5 A 10,0
QUALIDADE DO AR				
ventilação,				
controle de odores, cuidados com a pureza do ar				
HIGIENE				
condições para higiene pessoal e dos ambientes,				
abastecimento de água e remoção de resíduos,				
limitações na emissão de contaminantes				
HABITABILIDADE				
estanqueidade dos ambientes				

APÊNDICE S – FICHA DE AVALIAÇÃO DOS SUBSISTEMAS CONSTRUTIVOS DA CONSTRUÇÃO

OBRA: Mimosacae (alojamentos) - Linhares

SUBSISTEMA	EXIGÊNCIA	DESEMPENHO REQUERIDO PARA CADA SISTEMA	AVALIAÇÕES			
			PÉSSIMO 0,0 a 2,5	RUIM 2,5 a 5,0	BOM 5,0 A 7,5	ÓTIMO 7,5 A 10,0
Fundação	Segurança estrutural	Deve resistir cargas de serviço sem se romper ou se deformar				
	Estanqueida de	Deve impedir a passagem de umidade do solo para as paredes				
	Conforto visual	Deve apresentar superfície uniforme				
	Durabilidade	Deve estar isenta de infestações por ataque biológico				
	Economia	Deve apresentar baixos custos de manutenção				
	Adequação ambiental	Deve apresentar solução técnica adequada de proteção ao subsistema. (medidas de projeto ou preservativas).				
Estrutura principal	Segurança estrutural	Deve apresentar estabilidades estruturais, resistindo às cargas de serviço sem entrar no estado limite último ou deformar.				
	Conforto visual	Deve apresentar superfície uniforme				
	Durabilidade	Deve estar isenta de infestações por ataque biológico				
	Economia	Deve apresentar baixos custos de manutenção				
	Adequação ambiental	Deve apresentar solução técnica adequada de proteção ao subsistema. (medidas de projeto ou preservativas).				

SUBSISTEMA	EXIGÊNCIA	DESEMPENHO REQUERIDO PARA CADA SISTEMA	AVALIAÇÕES			
			PÉSSIMO 0,0 a 2,5	RUIM 2,5 a 5,0	BOM 5,0 A 7,5	ÓTIMO 7,5 A 10,0
Telhado	Segurança estrutural	Deve apresentar peças sem defeito e sem deformações à sobrecarga				
	Estanqueida de	Deve impedir a passagem de água (goteira)				
	Conforto visual	Deve apresentar superfície uniforme				
	Durabilidade dos materiais	Deve estar isenta de infestações por ataque biológico				
	Economia	Deve apresentar baixos custos de manutenção				
	Adequação ambiental	Deve apresentar solução técnica adequada de proteção ao subsistema. (medidas de projeto ou preservativas)				
Fechamento (vedação)	Segurança estrutural	Deve apresentar peças sem defeito e sem deformações à sobrecarga				
	Conforto visual	Deve apresentar superfície uniforme				
	Durabilidade dos materiais	Deve estar isenta de infestações por ataque biológico				
	Economia	Deve apresentar baixos custos de manutenção				
	Adequação ambiental	Deve apresentar solução técnica adequada de proteção ao subsistema. (medidas de projeto ou preservativas)				
	Conforto acústico	Deve apresentar isolamento acústico adequado				
	Conforto higratérmico	Deve manter condições de temperatura adequadas				
	Estanqueida de	Deve impedir a passagem de água				

APÊNDICE T - FICHA TÉCNICA DOS SUBSISTEMAS CONSTRUTIVOS DA CONSTRUÇÃO
OBRA: Mimosaceae (alojamentos) – Linhares.

CONSTRUÇÃO:	MATERIAL E DESCRIÇÃO DO SISTEMA EMPREGADO
Fundação	<i>Apoiada sobre blocos isolados de concreto. É utilizado um anel como suporte para que o pilar da fundação não rache com a compressão solicitada.</i>
Estrutura principal	<i>Paredes portantes de eucalipto roliço empilhado tratado (citriodora). Laje prevista em projeto apoiada na estrutura de madeira.</i>
Estrutura de telhado	<i>Estrutura de eucalipto roliço tratado, com forro de eucalipto colocado abaixo do caibro e telha cerâmica colonial. Utilizou-se de uma manta emborrachada para melhor impermeabilizar o telhado.</i>
Vedação	<i>Paredes internas: entre os apartamentos, alvenaria. Paredes externas: eucalipto roliço empilhado</i>
Esquadrias	<i>Janelas tipo “guilhotina” com tela mosquiteiro feita em eucalipto; Portas em eucalipto</i>

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)